

**EVALUASI SISTEM PROTEKSI DAN KESELAMATAN
KEBAKARAN DENGAN MENGGUNAKAN *COMPUTERIZED
FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM* (CFSES) PADA
GEDUNG RUMAH SAKIT XYZ**



Disusun oleh:

**ADIANSYAH
5315 117208**

SKRIPSI

**Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN

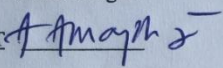
HALAMAN PENGESAHAN

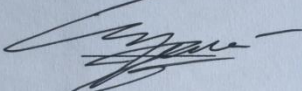
Judul : Evaluasi Sistem Proteksi Dan Keselamatan Kebakaran Dengan Menggunakan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSSES) Pada Gedung Rumah Sakit XYZ

Nama : Adiansyah
No. Reg : 5315117208

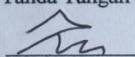
Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

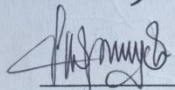
Dosen Pembimbing

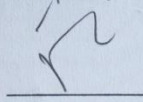
Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Dosen Pembimbing I <u>Aam Amaningsih Jumhur, S.T., M.T.</u> NIP : 197110162008122001		<u>24-02-2017</u>

Dosen Pembimbing II <u>Triyono, S.T., M.Eng</u> NIP : 197508162008122001		<u>24-02-2017</u>
---	---	-------------------

Dosen Penguji

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua Sidang <u>Ir. Yunita Sari, S.T., M.T</u> NIP : 196806062005012001		<u>22-02-2017</u>

Sekretaris Sidang <u>Siska Titik Dwiyantri S.SI., M.T</u> NIP : 197812122006042002		<u>22-02-2017</u>
---	---	-------------------

Dosen Ahli <u>Dr. Riza Wirawan, S.T M.T.</u> NIP : 198105052008121002		<u>22-02-2017</u>
--	---	-------------------

Mengetahui
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta


Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP : 197908312005011001

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa:

Nama : Adiansyah
No. Registrasi : 5315117208
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi yang saya buat ini adalah benar hasil karya saya dan bukan salinan dari karya orang lain kecuali beberapa kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, 7 Februari 2017

Yang Membuat Pernyataan



Adiansyah

No. Reg 5315117208

ABSTRAK

Kebakaran terjadi tidak mengenal tempat dan waktu, bisa terjadi dimana saja dan kapan saja. Salah satu tempat yang mempunyai resiko kebakaran adalah Rumah Sakit. Rumah Sakit beresiko tinggi menimbulkan korban jiwa saat terbakar. Selain itu, kerugian juga terhadap asset, kerugian gedung, proses kegiatan kerja, dan dampak sosial. Sebagian besar penghuni Rumah Sakit merupakan pasien yang tengah menjalani perawatan yang dalam kondisi tidak mampu secara fisik sehingga memerlukan bantuan dalam evakuasi. Oleh karena itu evakuasi yang dilakukan tentu akan berbeda dengan penanganan kebakaran yang terjadi dipasar, pemukiman, hotel atau tempat wisata.

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian dan usulan pemenuhan ketidaksesuaian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran berdasarkan NFPA 101A dengan menggunakan *Computerized Fire Safety Evaluation System*(CFSES) pada gedung Rumah Sakit XYZ. Metodologi menggunakan desain studi deskriptif dengan pendekatan semi kuantitatif dan dibantu dengan perangkat lunak *Computerized Fire Safety Evaluation System*(CFSES) yang mengacu pada 12 parameter keselamatan yang ada pada NFPA101A *Guide On Alternative Approaches To Life Safety*.

Berdasarkan hasil penelitian pada gedung Rumah Sakit XYZ dengan melihat kesesuaian 12 *safety parameters*, gedung ini tidak memenuhi standar NFPA 101: *Life Safety Code*. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah melengkapi gedung Rumah Sakit XYZ dengan sistem proteksi kebakaran seperti sprinkler, pendeteksi asap, dan melakukan perbaikan system dan perawatan secara berkala pada sistem proteksi kebakaran.

Kata kunci: CFSES, Keselamatan Kebakaran, Gedung Rumah Sakit

ABSTRACT

The incident occurred did not know the place and time, can happen everywhere else and anytime, one of these places fires have risk is a hospital. The hospital high risk to cause casualties while burning In addlion, loss well as on assets, loss building, the process of work, and the social impact. Most of the inhabitants of the hospital was patients who is having his care in the condition of being unable physically that calls for assistance in evacuating. Hence, evacuate the dome of would be diferent to the management of fire that occurred at market settlement, hotel or rourist destinations.

Thesis aims to understand conformity and the proposed the fulfillment of the protection system and fire safety based on nfpa 101A by using computerized fire safety evaluation system in the hospital building. Methodology of this study is using observational design with semiquantitatives approaches and assisted with Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) software that refers to 12 of parameters in NFPA 101A Guide on Alternative Approaches to Life Safety.

Based on the results of research on uhe hospital building xpz by seeing how 12 safety parameters the building is not adequate nypa 101: Lye safey Code Recommendations that can be given is equip and improving fire protection systems for example course complement the hospital building yz with fire protection systems like sprinklers, smoke detectors, and a fire alarm system connected with the fire department, repair of the care ystem and periodically on fire protection systems.

Keyword CFSES, fire safety, building, hopital

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu wata'ala, karena atas berkat dan rahmatnya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Proses penyelesaian skripsi ini tidak dapat terlepas dari bantuan dan bimbingan secara moril maupun materil dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Riyadi, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
3. Ibu Aam Amaningsih J, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Triyono, S.T, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis..
5. Bapak Ir. Adrianus Pangaribuan,M.T,CFEI selaku dosen pembimbing , yang telah banyak memberikan ilmu dan nasehat kepada kami dalam penulisan skripsi ini.
6. Para dosen beserta jajaran staf Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.

7. Pihak Rumah Sakit XYZ yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Kedua Orang Tua, bapak Rudi dan ibu Suryani yang selalumendo'akan dan memberikan dukungan moril maupun materil selama penyusunan skripsi.
9. Adik saya Amilia yang selalu mendoakan untuk dan memberikan motivasi untuk saya dalam penulisan skripsi ini.
10. Lovica Magdalena yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi kepada penulis untuk tetap semangat menyelesaikan skripsi ini.
11. Kepada ibu siska dan bapak purwono yang selalu mendoakan saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman SMA saya rahmi, fitri, enis,
13. Kepada team pengejar acc dospem, lukman, hamim, arif, mustofa, nemon, Jonatan,
14. Kepada teman –teman fire protection and safety engineering angkatan 2011 yang telah memberikan doa dan bantuan kepada penulis.
15. Seluruh teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 yang telah memberikan bantuan serta do'a.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya, atas bantuan dan perhatiannya baik secara langsung maupun tidak langsung untuk memperlancar penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan, keterampilan, serta pengalaman yang dimiliki, sehingga masih terdapat banyak kekurangan, baik dari

segi penulisan maupun isi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan penulis untuk dapat meningkatkan kualitas skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan dalam pembuatan karya tulis yang lain.

Jakarta, 7 Februari 2017

Penulis

Adiansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Mamfaat Penelitian	6
 BAB II KAJIAN TEORI	
2.1 Teori Kebakaran.....	7
2.2 Parameter Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES).....	17

	2.3 Persyaratan Tambahan.....	46
	2.4 Metode Evaluasi Sistem Proteksi Dan Keselamatan Kebakaran.	56
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1 Desain Penelitian.....	58
	3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian	58
	3.3 Objek Penelitian	58
	3.4 Pengumpulan Dan Pengolahan Data	59
	3.5 Analisis Data.....	60
	3.6 Diagram Alur Penelitian.....	61
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Data Fisik Gedung Rumah Sakit XYZ.....	62
	4.2 Analisis Data Penelitian.....	63
	4.3 Hasil Evaluasi	92
	4.4 <i>Utilities</i>	96
	4.5 Aplikasi Hasil Penelitian	98
	4.6 Rekomendasi Perbaikan	103
	4.7 Perubahan Nilai Setelah Perbaikan	108
BAB V	KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	
	5.1 Kesimpulan	110
	5.2 Saran	116

DAFTAR PUSTAKA	118
----------------------	-----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Fire Safeti Evaluation Sheet NFPA 101A	119
Lampiran 2 Kebakaran Dan Jenis Alat Pemadam Api Ringan	127
Lampiran 3 Denah Gedung	128
Lampiran 4 Lembar Observasi Penelitian.....	129
Lampiran 5 Surat Pengantar Penelitian Skripsi.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber Panas	9
Tabel 2.2 Klasifikasi Kebakaran Beserta Sumber Dan Cara Pencegahan	11
Tabel 2.3Tingkat Ketahanan Api Pada Tipe Kontruksi.....	23
Tabel 2.4Tipe Kontruksi Berdasarkan NFPA 5000.....	25
Tabel 2.5Tingkat Deficiency Pada Area Berbahaya.....	26
Tabel 2.6Warna Dan Operating Temperature Pada Kepala Sprinkler.....	29
Tabel 2.7 Pemilihan Jenis Detector Berdasarkan Fungsi Ruangan	36
Tabel 2.8Klasifikasi Material Interior Dinding Dan Plafon.....	37
Tabel 2.9Laju Alir Pintu Darurat.....	40
Tabel 2.10Persyaratan Ukuran Tangga Biasa	43
Tabel 2.11 Jadwal Inspection, Test, Maintenance Pada Pompa Pemadam Kebakaran	48
Tabel 2.12Tindakan Korektif Pada Hidran Taman(Halaman)	49
Tabel 2.13 Standar Tekanan Pada Nozzle.....	50
Tabel 2.14Kriteria Dasar Perencanaan Hidran.....	50
Tabel 2.15 Jenis Bahan Slang Kebakaran	51
Tabel 4.1 Hasil Penilaian Berdasarkan Tabel	67
Tabel 4.2Indikator 12 Parameter CFSES	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teori Segi Tiga Api	7
Gambar 2.2 Proses Perkembangan Kebakaran.....	14
Gambar 2.3 Kurva Induksi Bahaya Kebakaran Serta Sistem Proteksi Kebakaran	15
Gambar 2.4 Detektor Asap.....	34
Gambar 2.5 Detektor Panas.....	35
Gambar 2.6 Tanda Pemasangan Apar.....	55
Gambar 4.1 Rumah Sakit XYZ	61
Gambar 4.2 Data Analisis	62
Gambar 4.3 Data Umum Gedung	63
Gambar 4.4 jumlah Lantai.....	63
Gambar 4.5 Karakteristik Gedung	65
Gambar 4.6 Nilai Standar Keselamatan Minimum Gedung	65
Gambar 4.7 Nilai Variabel Kontruksi Gedung	66
Gambar 4.8 Penilaian Parameter Kontruksi	68
Gambar 4.9 Letak Ruangan Genset	69
Gambar 4.10 Penilaian Parameter Segregation Of Hazard	69
Gambar 4.11 Penilaian Parameter Segregation Of Hazard	70
Gambar 4.12 Penilaian Parameter Vertical Opening	71
Gambar 4.13 Penilaian Parameter Vertical Opening	72
Gambar 4.14 Penilaian Parameter Sprinkler	73
Gambar 4.15 Penilaian Parameter Sprinkler	73
Gambar 4.16 Alarm Sistem	74
Gambar 4.17 Penilaian Parameter Fire Alarm Sistem	75
Gambar 4.18 Penilaian Parameter Fire Alarm Sistem	75
Gambar 4.19 Penilaian Parameter Smoke Detection.....	76
Gambar 4.20 Penilaian Parameter Smoke Detection.....	77
Gambar 4.21 Keberadaan Apar	78

Gambar 4.22 Penilaian Parameter Interior Finish	79
Gambar 4.23 Penilaian Parameter Interior Finish	79
Gambar 4.24 Penilaian Parameter Smoke Control	80
Gambar 4.25 Penilaian Parameter Smoke Control	81
Gambar 4.26 Jalan Buntu	82
Gambar 4.27 Koridor	82
Gambar 4.28 Tanda Exit Dan Peta	83
Gambar 4.29 Penilaian Parameter Exit Access	84
Gambar 4.30 Jalur Evakuasi Ditutupi Barang	85
Gambar 4.31 Penilaian Parameter Exit Access	86
Gambar 4.32 Penilaian Parameter Exit Sistem.....	87
Gambar 4.33 Penilaian Parameter Exit Sistem.....	88
Gambar 4.34 Kompartemenisasi Dalam Ruangan.....	88
Gambar 4.35 Penilaian Parameter Coridor	89
Gambar 4.36 Penilaian Parameter Coridor	90
Gambar 4.37 Petugas Emergency	91
Gambar 4.38 Penilaian Parameter Occupancy Emergency.....	91
Gambar 4.39 Penilaian Parameter Occupancy Emergency.....	92
Gambar 4.40 Hasil Penilaian Parameter I	95
Gambar 4.41 Hasil Penilaian Parameter II	95
Gambar 4.42 Nilai Hasil Evaluasi CFSES	96
Gambar 4.43 Egrees Calculation	97
Gambar 4.44 Ceiling Jet Temperature Calculation	98
Gambar 4.45 Kondisi Kabel Diruangan Panel	111
Gambar 4.46 Fire Stop Material	112
Gambar 4.47 Evaluasi Nilai Parameter Awal	115
Gambar 4.48 Evaluasi Nilai Parameter Setelah Perbaikan	116

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebakaran terjadi tidak mengenal tempat dan waktu, bisa terjadi dimana saja dan kapan saja, hampir setiap hari melalui berbagai media kita dapat menyaksikan kebakaran diberbagai tempat di tanah air. Rumah sakit merupakan gedung atau bangunan yang digunakan 24 jam sebagai dasar pengobatan medis, penyakit jiwa, kebidanan, ataupun perawatan bedah. WHO menanggapi bahwa perlu untuk membangun rumah sakit yang aman, terutama pada situasi bencana dan keadaan darurat, yang mana rumah sakit tersebut harus mampu untuk menyelamatkan jiwa dan dapat terus menyediakan pelayanan kesehatan bagi masyarakat.

Kondisi darurat yang paling tinggi mendapatkan perhatian karena seringnya terjadi adalah keadaan darurat karena kebakaran. Sehingga pemerintah dan para ahli mengeluarkan banyak persyaratan yang berkaitan dengan keamanan bangunan gedung terhadap bahaya kebakaran tersebut.

Salah satu tempat yang mempunyai risiko kebakaran adalah rumah sakit. Rumah sakit berisiko tinggi menimbulkan korban jiwa saat terbakar. Selain itu, kerugian juga terhadap aset, kerugian gedung, proses kegiatan kerja, dan dampak sosial. Sebagian besar penghuni rumah sakit merupakan pasien yang tengah menjalani perawatan yang dalam kondisi tidak mampu secara fisik sehingga memerlukan bantuan dalam evakuasi. Oleh karena itu, evakuasi yang dilakukan tentu akan berbeda dengan penanganan kebakaran yang terjadi di pasar, pemukiman, hotel atau tempat wisata

Undang-Undang R.I. No. 28 Tahun 2002, tentang “Bangunan Gedung”, mengamanatkan 4 faktor utama yang perlu diperhatikan yaitu Keselamatan, Kesehatan, Kenyamanan, dan Kemudahan. Undang-Undang R.I No. 44 Tahun 2009, tentang “Rumah Sakit” mengamanatkan perlukannya persyaratan teknis yang berkaitan dengan “pencegahan dan penanggulangan kebakaran”

Sistem proteksi kebakaran merupakan kelengkapan penting di rumah sakit yang berhubungan dengan keselamatan bangunan. Selain kebutuhannya untuk pencegahan dan penanggulangan kebakaran, sistem proteksi kebakaran mempunyai peranan penting dalam mencegah jatuhnya korban dan kerugian materiel akibat kebakaran. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang cukup khusus bagi para petugas di rumah sakit untuk memahami tentang “sistem proteksi kebakaran”, dan juga bagi para perancang, pelaksana pemasangan, pemeriksadan pengelola sistem proteksi kebakaran dari pengalaman, banyak rumah sakit yang kurang tepat dalam pengelolaan, dan pemeliharaan peralatan ini, sehingga sangat merugikan apabila terjadi kebakaran. Untuk mencegah adanya instalasi sistem proteksi kebakaran yang kurang memenuhi syarat, misalnya pemilihan pompa kebakaran, perletakan detektor alarm kebakaran, kepala sprinkler, dan sistem pemipanya akan berarti pembuangan biaya yang tidak ada manfaatnya. Dengan pedomannya ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para petugas rumah sakit dalam menanganipencegahan dan penanggulangan kebakaran.

Hal

ini membuktikan seberapa penting nya sistem proteksi kebakaran pada rumah sakit.

Mengingat fungsi rumah sakit yaitu :

Menurut undang-undang No. 44 tahun 2009 tentang rumah sakit, fungsi rumah sakit adalah :

- a Penyelenggaraan pelayanan pengobatan dan pemulihan kesehatan sesuai dengan standar pelayanan rumah sakit.
- b Pemeliharaan dan peningkatan kesehatan perorangan melalui pelayanan kesehatan yang paripurna tingkat kedua dan ketiga sesuai kebutuhan medis.
- c Penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan sumber daya manusia dalam rangka peningkatan kemampuan dalam pemberian pelayanan kesehatan.
- d Penyelenggaraan penelitian dan pengembangan serta penapisan teknologi bidang kesehatan dalam rangka peningkatan pelayanan kesehatan dengan memperhatikan etika ilmu pengetahuan bidang kesehatan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, penulis melakukan penelitian tentang **“Evaluasi Sistem Proteksi Dan Keselamatan Kebakaran Dengan Menggunakan COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM (CFSES) Pada Gedung Rumah Sakit XYZ**

1.2 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana hasil evaluasi terhadap penerapan keselamatan kebakaran dengan menggunakan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES) pada gedung rumah sakit xyz ?

2. Termasuk dalam jenis konstruksi apa gedung rumah sakit xyz ?
3. Bagaimana kondisi segregasi bahaya di gedung Rumah Sakit xyz ?
4. Bagaimana kondisi bukaan vertikal di gedung Rumah Sakit xyz ?
5. Bagaimana kondisi sprinkler di gedung rumah sakit xyz ?
6. Bagaimana kondisi sistem alarm kebakaran di gedung rumah sakit xyz ?
7. Bagaimana kondisi pendeteksi asap di gedung rumah sakit xyz ?
8. Bagaimana kondisi barang properti di gedung rumah sakit xyz ?
9. Bagaimana kondisi pengendalian asap di gedung rumah sakit xyz ?
10. Bagaimana kondisi akses keluar di gedung rumah sakit xyz ?
11. Bagaimana kondisi jalur penyelamatan di gedung rumah sakit xyz ?
12. Bagaimana kondisi kompartemenisasi di gedung rumah sakit xyz ?
13. Bagaimana kondisi pelatihan tanggap darurat di gedung rumah sakit xyz ?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka peneliti membatasi penelitian ini pada:

1. Evaluasi sistem proteksi kebakaran dengan metode CFSES (COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM) pada gedung Rumah Sakit xyz mengacu pada *National Fire Protection Association NFPA 101*.
2. Usulan pemenuhan ketidaksesuaian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran gedung rumah sakit xyz.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah, maka rumusan masalah yang diajukan oleh peneliti adalah:

- a. Bagaimanakah sistem proteksi dan keselamatan kebakaran yang terdapat di gedung Rumah Sakit XYZ.
- b. Bagaimanakah kondisi sistem proteksi dan keselamatan kebakaran yang sudah terpasang di gedung Rumah Sakit XYZ.
- c. Bagaimanakah hasil kesesuaian penerapan sistem proteksi dan keselamatan kebakaran yang terdapat di gedung Rumah Sakit XYZ menggunakan perangkat lunak CFSES.
- d. Sudahkah gedung Rumah Sakit XYZ dikatakan layak dalam pemenuhan sistem proteksi dan keselamatan kebakaran.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kesesuaian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran berdasarkan NFPA 101A dengan menggunakan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES) pada gedung Rumah Sakit XYZ.
2. Usulan pemenuhan ketidak sesuaian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran gedung Rumah Sakit XYZ dengan standar NFPA 101.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan, wawasan, dan keterampilan yang lebih aplikatif yang dapat diaplikasikan untuk memecahkan masalah terkait kebakaran terutama dalam upaya pencegahan kebakaran di gedung Rumah Sakit.

1.6.2 Bagi Rumah Sakit XYZ.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan masukan dalam pengembangan sistem pencegahan dan penanggulangan kebakaran yang baik dan sesuai dengan standar yang berlaku.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Kebakaran

Kebakaran adalah suatu kondisi dimana api yang muncul tidak terkendali karena berada di luar kemampuan dan keinginan manusia. Api tidak terjadi begitu saja tetapi berasal dari suatu proses kimiawi antara uap bahan bakar (*fuel*) dengan oksigen dan bantuan panas (*heat*) dimana teori ini dikenal sebagai teori segitiga api (*fire triangle*) (Ramli, 2010).



Gambar 2.1 Teori Segitiga Api (*Fire Triangle*)

Menurut Ramli (2010), penjelasan untuk unsur pertama dari teori segitiga api adalah bahan bakar yang merupakan segala sesuatu material baik material dalam bentuk padat, cair, atau gas yang dapat menyala atau menghasilkan penyalan. Bahan bakar dapat dikategorikan menurut jenisnya, yaitu :

1. Bahan Bakar Padat (*solid*)

Yang termasuk ke dalam bahan bakar padat misalnya saja kayu, kertas, kain, rumput, plastik, dan kapas.

2. Bahan Bakar Cair (*liquid*)

Bahan yang bersifat cairan seperti minyak, bahan kimia seperti spritus, bahan cat.

3. Bahan Bakar Gas (*gas*)

Jenis bahan bakar yang berbentuk gas seperti gas LPG, gas alam, dan lainnya.

Unsur yang ke dua adalah oksigen dimana oksigen merupakan unsur yang terkandung dalam udara karena tanpa adanya udara atau oksigen maka proses kebakaran tidak dapat terjadi. Unsur yang terakhir adalah sumber panas (*heat*) yang menjadi pemicu kebakaran dengan energi yang cukup untuk menyalakan campuran antara bahan bakar dan oksigen dari udara. (Ramli, 2010). Adanya perkembangan dengan ilmu pengetahuan terkait kebakaran, diketahui bahwa kebakaran tidak hanya disebabkan oleh ketiga unsur tersebut, namun ada tambahan unsur ke empat yang disebut reaksi berantai pada pembakaran. Jika tidak ada reaksi pembakaran maka api tidak akan dapat menyala sehingga teori segitiga api berkembang menjadi model baru yang disebut *Fire Tetrahedron* (Ramli, 2010).

2.1.1 Sumber Penyalaan

Api dapat terjadi jika adanya sumber penyalaan dimana sumber penyalaan tersebut berasal dari sumber panas yang potensial yang dapat menyalakan bahan bakar yang telah bercampur dengan oksigen. Adapun sumber panas ini dapat berasal dari panas (*thermal*), kimia (*chemical*), listrik (*electrical*), mekanik (*mechanical*) (Ramli, 2010).

Tabel 2.1 Sumber Panas

Sumber Panas	Contoh
Thermal (Panas)	<ul style="list-style-type: none"> • Api terbuka • Rokok • Permukaan panas • Laser • Pengelasan
Chemical (Kimia)	Reaksi kimia Incompatible chemicals Penyalaan sendiri (spontaneous combustion)
Electrical (Listrik)	Listrik Listrik statis (elektrostatik) Sambaran petir
Mechanical (Mekanik)	Gesekan panas (frictional heating) Bunga apimekanik,percikan logam,dan benda padat

Sumber: Ramli. 2010. Petunjuk Praktis Manajemen Kebakaran

2.1.2 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran adalah pengelompokkan jenis-jenis kebakaran berdasarkan bahan bakarnya. Menurut Ramli (2010), klasifikasi kebakaran ini bertujuan untuk memudahkan usaha pencegahan dan pemadaman kebakaran serta untuk memilih media (bahan) pemadam yang tepat dan sesuai dengan kelas

kebakarannya. Klasifikasi kebakaran juga digunakan untuk menentukan sarana proteksi kebakaran dan menjamin keselamatan jiwa tim pemadam kebakaran.

Menurut NFPA (dalam Ramli, 2010), kebakaran diklasifikasikan berdasarkan sumber bahan bakarnya menjadi 5 (lima) kelas. Kelas A adalah kebakaran yang terjadi pada bahan bakar padat seperti kayu, kertas, PVC dan apabila terbakar meninggalkan arang atau abu. Kelas B adalah kebakaran akibat bahan bakar cair (*flammable liquid*) dan gas seperti bensin, minyak, dan senyawa benzene. Kelas C adalah kebakaran yang disebabkan oleh peralatan listrik tegangan arus pendek. Kelas D adalah kebakaran akibat logam seperti besi, aluminium, dan magnesium. Kelas kebakaran terakhir adalah kelas K yang merupakan kebakaran akibat bahan bakar yang mengandung lemak minyak goreng.

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per-04/MEN/1980 tentang syarat-syarat pemasangan dan pemeliharaan alat pemadam api ringan, kebakaran diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) golongan besar. Golongan A adalah kebakaran akibat bahan padat kecuali logam. Golongan B adalah kebakaran yang diakibatkan bahan cair dan gas yang mudah terbakar. Golongan C adalah kebakaran akibat instalasi listrik bertegangan, dan golongan kebakaran yang terakhir adalah golongan D dimana kebakaran ini disebabkan oleh bahan bakar logam.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kebakaran beserta Sumber dan Cara Pencegahan

Klasifikasi api	Sumber bahan bakar	Cara pencegahannya
Kelas A	Bahan yang mudah	Tempatkan lap kain

	terbakar berupa materi berserat seperti: kayu, kertas, kain, karet, dan plastic.	yang berminyak pada tempat yang tertutup atau terpisah.
Kelas B	Cairan yang mudah terbakar seperti bensin, cat, korosin, dan gas propane.	gunakan cairan yang mudah terbakar hanya pada ruangan yang berventilasi. simpanlah cairan yang mudah terbakar dan jauhkan dari sumber api yang mudah menyala atau memercik.
Kelas C	Peralatan listrik seperti peralatan rumah tangga, seklar, panel dan suber listrik lainnya.	Periksalah kabel yang sudah using, isolasi dan fitting yang sudah rusak. perlengkapan listrik yang digunakan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. jangan lakukan instalasi yang asal-asalan.
Kelas D	Logam yang dapat	logam murni seperti

	terbakar seperti magnesium, titanium, dan potassium. logam tersebut dapat bereaksi dengan cepat dengan air dan harus cepat ditangani dengan hati-hati	potassium dan sodium bereaksi dengan cepat dengan air dan bahan kimia lainnya. umumnya bahan logam jenis ini disimpan pada container pada cairan yang non-reaksi untuk mencegah rusak (oksidasi permukaan) dari kontak dengan udara.
--	---	--

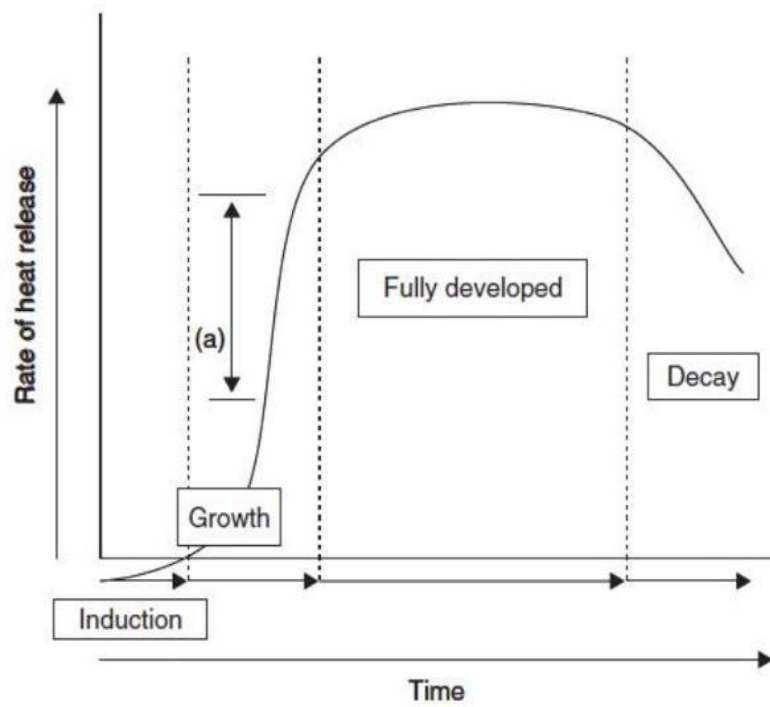
Sumber: SHE FOCUS. 2011

2.1.3 Proses Perkembangan Kebakaran

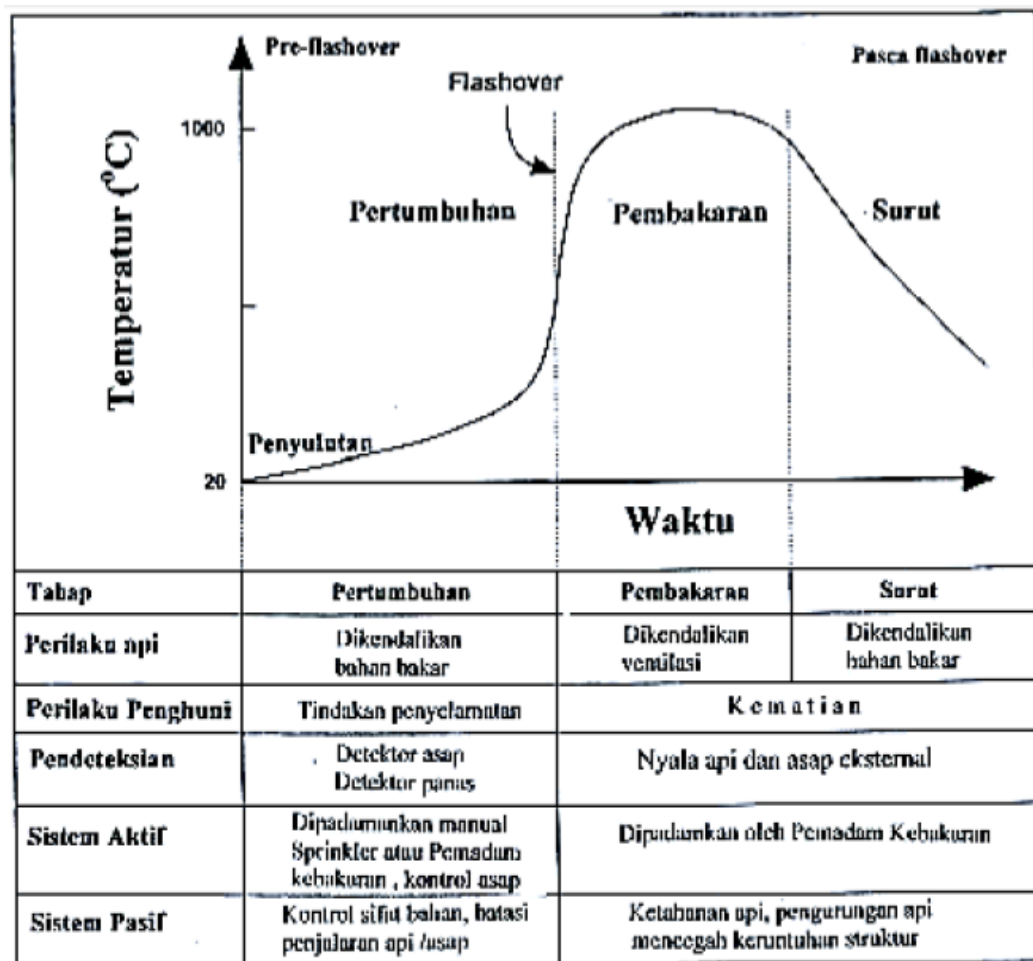
Kebakaran pada umumnya menimbulkan banyak kerugian baik itu korban jiwa maupun harta benda. Hal tersebut dikarenakan kebakaran yang biasanya sulit untuk dipadamkan/dikendalikan sehingga perlu diketahui proses perkembangan kebakaran itu sendiri atau tahapan-tahapannya. Masing-masing tahapan memiliki ciri-ciri karakteristik dan efeknya terkait dengan bahan terbakar yang berbeda-beda. Potensi energi yang tidak terkendali merupakan sumber awal (*source energy*) timbulnya kebakaran. Apabila energi yang tidak terkendali tersebut

kontak dengan zat yang dapat terbakar maka akan terjadi penyalaan tahap awal (*initiation*) yang bermula dari sumber api yang relative kecil. Apabila pada periode awal kebakaran tidak terdeteksi, maka nyala api akan berkembang lebih besar (*growth*) sehingga api akan menyebar bila terdapat media di sekelilingnya. Intensitas nyala api akan meningkat dan menyebarkan panas ke segala arah hingga mencapai suhu 300°C dalam waktu 8-10 menit akan terjadi penyalaan api serentak yang disebut *flashover* dan biasanya ditandai dengan pecahnya kaca (Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, 2014).

Setelah *flashover* terjadi, nyala api akan membara (*stedy/full development fire*). Temperatur yang dicapai adalah 600-1000oC. Bangunan dengan struktur konstruksi baja akan runtuh pada temperature 700oC. Setelah mencapai puncak pembakaran, nyala api akan berkurang/surut dan secara bertahap akan padam yang disebut tahap *decay* (Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI, 2014).



Gambar 2.2 Proses Perkembangan Kebakaran
Sumber: Furness & Muckett, 2007



Gambar 2.3 Kurva Indikasi Bahaya Kebakaran serta Sistem Proteksi Kebakaran
Sumber: Suprpto, 2007

2.1.4 Metode Pemadaman Kebakaran

Prinsip dari pemadaman kebakaran adalah memutus rantai segitiga api, misalnya dengan menghilangkan bahan bakar, membuang panas atau oksigen. Upaya untuk mengendalikan atau mematikan api dengan cara merusak keseimbangan panas merupakan pemadaman kebakaran. Menurut Ramli (2010), ada beberapa teknik atau pendekatan pemadaman kebakaran antara lain:

1. Pemadaman dengan pendinginan api (*cooling*)

Teknik pendinginan api adalah teknik memadamkan kebakaran dengan menurunkan temperatur uap atau gas yang terbakar sampai ke bawah temperatur nyalanya. Cara ini banyak dilakukan oleh petugas pemadam kebakaran dengan menggunakan semprotan air ke lokasi atau titik kebakaran yang pada akhirnya secara perlahan api akan perlahan dapat berkurang dan mati.

2. Pembatasan oksigen (*smothering*)

Teknik ini dilakukan dengan cara membatasi atau mengurangi oksigen dalam proses pembakaran api dapat padam. Hal ini sesuai dengan teori segitiga api dimana kebakaran dapat dihentikan dengan menghilangkan atau mengurangi suplai oksigen.

3. Penghilangan bahan bakar (*starvation*)

Teknik ini berprinsip bahwa api secara alamiah akan mati dengan sendirinya jika bahan yang dapat terbakar (*fuel*) sudah habis. Teknik ini lebih efektif akan tetapi untuk prakteknya sulit untuk dilaksanakan. Contoh pelaksanaan dari teknik ini adalah memompa minyak ke tempat lain, memindahkan bahan-bahan yang mudah terbakar, dan menyemprot bahan yang terbakar dengan busa.

4. Memutus rantai reaksi

Pada beberapa zat kimia memiliki sifat memecah sehingga terjadi reaksi rantai oleh atom-atom yang dibutuhkan oleh api untuk menyala. Media pemadaman *dry chemical* merupakan salah satu contoh media yang memiliki kemampuan untuk

memutus rantai reaksi melalui senyawa yang teurai yang ditimbulkan dari panas saat proses pembakaran.

2.2 Parameter Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES)

2.2.1 Kontruksi Gedung

Gedung dapat diklasifikasi berdasarkan tingkat potensi yang menimbulkan kebakaran. Klasifikasi ini dimaksudkan agar setiap bangunan gedung dapat menyesuaikan dan memperhitungkan fasilitas pencegahan dan penanggulangan kebakaran. Berdasarkan NFPA 10 *Standard fo Portable Fire Extinguishers* (2009) dan NFPA 13 *Standard fo The Installation of Sprinkler Systems* (2009), klasifikasi gedung berdasarkan tingkat potensi yang menimbulkan kebakaran dibagi menjadi tiga klasifikasi yaitu *light (low) hazard*, *ordinary (moderate) hazard*, dan *extra (high) hazard*. *Light (low) hazard* adalah gedung atau bagian dari gedung yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar rendah dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah sehingga menjalarnya api lambat. *Ordinary (moderate) hazard* adalah gedung atau bagian dari gedung yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang. *Ordinary (moderate) hazard* disubklasifikasikan menjadi dua yaitu grup I dan grup II. Perbedaan grup I dan grup II terletak pada ketinggian timbunan benda/material mudah terbakar yang berada di gedung. Ketinggian timbunan benda/material mudah terbakar pada grup I adalah tidak lebih dari 8ft (2,4m) sedangkan untuk grup II tidak lebih dari 12ft (3,7m). Klasifikasi yang terakhir adalah *extra (high) hazard* dimana gedung atau bagian dari gedung yang

mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas tinggi sehingga menjalarnya api cepat.

Gedung yang memiliki risiko tinggi seperti laboratorium akan memiliki jumlah lantai yang lebih sedikit dan tinggi gedung yang lebih pendek bila dibandingkan dengan gedung yang tidak berisiko tinggi. Sebuah gedung dapat dikategorikan ke dalam bangunan bertingkat tinggi apabila lantai paling atas yang dioperasikan pada gedung tersebut berada lebih dari 23 m (75 ft) dari lantai terbawah dimana tim pemadam kebakaran memiliki akses bebas untuk mobil dan peralatan lainnya (NFPA 5000, 2006).

Menurut NFPA 101 (2012) atau NFPA 101A (2013), salah satu jenis gedung berdasarkan tingkat beban huniannya adalah gedung pendidikan dimana gedung ini memiliki tujuan untuk kegiatan yang berkaitan dengan pendidikan melalui ruangan kelas dengan jumlah penghuni 6 (enam) orang atau lebih yang dilakukan selama 4 jam per hari atau lebih dari 12 jam per minggu. Jenis daerah yang biasanya terdapat gedung pendidikan adalah *laundry*, ruangan penyimpanan bahan kimia, *maintetance* (seperti ruang pekerjaan kayu, dan ruang melukis), ruang yang digunakan untuk penyimpanan atau proses kegiatan yang mudah terbakar, serta ruang yang digunakan untuk menyimpan atau mengolah bahan berbahaya, *flammable liquids* atau *combustible liquids*.

Menurut NFPA 101 (2012) dan Hughes Associates, Inc. (2000), gedung pendidikan diklasifikasikan berdasarkan kebaharuannya yaitu gedung baru (*new building*) dan gedung yang sudah ada (*existing building*). Gedung baru adalah

gedung yang masih dalam proses perencanaan hingga gedung yang belum dioperasikan saat evaluasi terhadap keselamatan kebakaran dilakukan. Sedangkan gedung yang sudah ada (*existing building*) adalah gedung yang sudah digunakan pada saat dilakukan analisis terhadap keselamatan kebakaran tersebut.

Konstruksi merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat pertumbuhan api karena bahan dan kualitas yang digunakan pada gedung memiliki efek pada setiap laju pertumbuhan potensi kebakaran. Misalnya saja, bangunan yang menggunakan bahan kayu memiliki potensi untuk mempercepat laju pertumbuhan api tetapi ukuran dan tata letak bangunan juga memiliki potensi untuk mempengaruhi laju pertumbuhan. Sebuah bangunan yang memiliki langit-langit tinggi akan jauh lebih lambat pertumbuhan api dibandingkan dengan langit-langit yang rendah. Komponen dari konstruksi gedung yang berfungsi untuk mendukung ketahanan bangunan terhadap kebakaran adalah balok, kolom, dinding pembatas, dan lantai (Furness & Muckett, 2007).

Menurut NFPA 220 *Standard on Types of Building Construction* (dalam Yazdani & Singh, 2013), konstruksi bangunan diklasifikasikan menjadi 5 (lima) konstruksi dasar yaitu tipe I hingga tipe V dimana kemampuan untuk bertahan dari api semakin menurun. Tipe konstruksi ini yang membedakan antara konstruksi yang mudah terbakar (*combustible*) atau tidak mudah terbakar (*noncombustible*) dari tingkat ketahanan api. Masing-masing dari tipe konstruksi tersebut kemudian dikelompokkan lagi dengan penambahan tiga angka dibelakang jenis tipe. Angka pertama menunjukkan kemampuan dinding bantalan bagian luar

sedangkan angka kedua menggambarkan kemampuan kolom, balok untuk menopang setidaknya satu lantai yang mendukung dinding bantalan. Angka yang terakhir menggambarkan tentang konstruksi lantai sebelumnya. Selain ketiga angka tersebut, terdapat klasifikasi tipe konstruksi yang hanya memiliki dua angka dan ditambah dengan satu huruf yaitu huruf H. Huruf H tersebut digunakan untuk mengindikasikan adanya penggunaan kayu yang berat pada konstruksi bangunan. Adapun klasifikasi tipe konstruksi tersebut menurut NFPA 220 *Standard on Types of Building Construction* (2009) dan Permen PU No. 26 tahun 2008 antara lain :

1. Konstruksi Tipe I (443 atau 332)

Konstruksi Tipe I merupakan konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau jika bahannya mudah terbakar tetapi masih dalam batas yang disetujui. Pada konstruksi tipe I terdapat dua jenis subklasifikasi yaitu tipe 443 dan tipe 332. Hal mendasar yang membedakan kedua tipe ini adalah spesifikasi tingkat ketahanan api pada kerangka struktural bangunan. Salah satu perbedaan elemen struktur yang berbeda tingkat ketahanan api adalah konstruksi atap, untuk tipe 443 memiliki ketahanan api selama 2 jam, sedangkan untuk tipe 332 selama 1 ½ jam. Bangunan dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga tipe ini merupakan konstruksi terbaik untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan

baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api.

2. Konstruksi Tipe II (222, 111, atau 000)

Konstruksi tipe II merupakan tipe konstruksi yang tidak dapat dikategorikan sebagai konstruksi tahan api walaupun konstruksi ini terbuat dari elemen struktur yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakarnya terbatas yang disetujui. Hal ini dikarenakan bahan bangunan yang umumnya tergolong dalam konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran. Pada konstruksi tipe II terdapat tiga jenis subklasifikasi yang membedakan tingkat ketahanan api yaitu tipe 222, 111, dan 000. Tipe 222 dan tipe 111 memiliki elemen struktur yang dapat menahan api dalam beberapa jam sedangkan untuk konstruksi tipe II (000) semua material strukturnya tidak tahan terhadap api.

3. Tipe III (211 atau 200)

Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya yang memiliki ketahanan api selama 2 (dua) jam atau lebih. Pada saat terjadi kebakaran pada gedung ini maka seluruh interior dapat dengan mudah dihancurkan oleh api karena memiliki dinding interior dari material yang mudah terbakar.

Konstruksi tipe III ini dibagi menjadi 2 subklasifikasi sesuai dengan tipe ketahanan api yaitu tipe 211 dan tipe 200. Pada konstruksi tipe III (211) merupakan konstruksi yang masih dapat menahan api selama satu jam dengan elemen dinding interior, lantai, dan atap terbuat dari bilah dan plester, atau membran pelapis *gypsum*. Pada konstruksi tipe III (200) merupakan konstruksi yang tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai, ataupun atap.

4. Konstruksi Tipe IV (2HH)

Konstruksi tipe IV (2HH) adalah tipe yang memiliki elemen struktur dinding luar (eksterior) dan dinding dalam (interior) terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakar tetapi masih dalam batas yang disetujui. Elemen struktur dalam (interior) lainnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap merupakan bahan yang terbuat dari kayu padat atau laminasi tanpa ruang tersembunyi. Selain itu, kerangka dinding bantalan eksterior berupa kolom kayu dengan ukuran minimal delapan inchi dengan ketebalan minimal enam inchi, tebal lantai kayu empat inchi, dan atap sebesar dua inchi.

5. Konstruksi Tipe V (111 dan 000)

Konstruksi tipe V adalah tipe dengan dinding luar (eksterior) diantaranya dinding penahan beban, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari kayu sehingga konstruksi ini mudah terbakar. Konstruksi tipe ini merupakan tipe konstruksi dengan kerangka kayu

atau bahan mudah terbakar lainnya sehingga memiliki tingkat proteksi kebakaran rendah. Konstruksi tipe V ini dibagi menjadi 2 subklasifikasi sesuai dengan tipe ketahanan api yaitu tipe 111 dan tipe 000. Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau pelapis *gypsum* pada dinding eksterior, partisi, lantai, dan atap. Pada konstruksi tipe V (000) merupakan konstruksi yang tidak memiliki ketahanan terhadap api.

Tabel 2.3 Tingkat Ketahanan Api (jam) pada Tipe Konstruksi

	Tipe I		Tipe II			Tipe III		Tipe IV		Tipe V
	433	332	222	111	000	211	200	2H H	111	000
Dinding bearing bagian luar										
Menunjang lebih dari satu lantai kolom, atau dinding bearing lainnya	4 jam	3 jam	2 jam	1 jam	0	2 jam	2 jam	2 jam	1 jam	0
Menunjang hanya satu lantai	4 jam	3jam	2jam	1jam	0	2jam	2jam	2jam	1jam	0
Menunjang hanya atap	4jam	3jam	1jam	1jam	0	2jam	2jam	2jam	1jam	0
Dinding bearing bagian dalam										
Menunjang lebih dari satu lantai, kolom atau dinding bearing lainnya	4jam	3jam	2jam	1jam	0	1jam	0	2jam	1jam	0
Menunng hanya satu lantai	3jam	3jam	2jam	1jam	0	1jam	0	1jam	1jam	0
Menunjang	4jam	3jam	2jam	1jam	0	1jam	0	H	1jam	0

hanya atap	m		m	m		m			m	
Kolom										
Menunjang lebih dari satu lantai kolom, atau dinding bearing lainnya	3ja m	2jam	2ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Menunjang hanya satu lantai	3ja m	2jam	1ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Menunjang hanya atap	4ja m	3jam	2ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Balok, anak balok dan lengkungan										
Menunjang lebih dari satu lantai kolom, atau dinding bearing lainnya	3ja m	2jam	2ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Menunjang hanya satu lantai	3ja m	2jam	1ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Menunjang hanya atap	3ja m	2jam	1ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Konstruksi lantai	3ja m	2jam	2ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Konstruksi atap	2ja m	1,5ja m	1ja m	1ja m	0	1ja m	0	H	1ja m	0
Dinding non bearing bagian luar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bagian – bagian yang di ijin untuk di setuju sebagai bahan mudah terbakar										

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 tahun 2008

Tabel 2.4 Tipe Konstruksi berdasarkan NFPA5000

Tipe	NFPA description
Noncombustible	Tipe I (442) Tipe (332) Tipe II (222) Tipe II (111)

	Tipe II (000)
Mixed noncombustible and combustible including frame and heavy timber (HT)	Tipe III (211) Tipe III (200) Tipe IV (2HH)
Combustible-traditional wood frame	Tipe V (111) Tipe V (000)

Sumber: Yazdani & Singh, 2013. NFPA Code Provisions and Fire Retardant

Treated Wood

2.2.2 Segregasi Bahaya

Segregasi bahaya adalah pemisahan tempat yang mempunyai potensi kebakaran dan ledakan atau kegiatan lain yang berlangsung di luar kegiatan normal gedung dan berpotensi menimbulkan kebakaran pada koridor atau jalur keluar (NFPA 101A, 2013). Parameter segregasi bahaya dirancang untuk mendeteksi dan menilai dampak dari kebakaran pada suatu area dan bukan termasuk bagian dari kegiatan normal penghuni gedung, namun memiliki potensi untuk menimbulkan *flashover*. Adapun contoh area untuk kegiatan normal antara lain ruang kerja, ruang komputer, atau ruang pertemuan yang digunakan sehari-hari. Area yang diperhatikan dalam pemisahan bahaya ini adalah area yang memiliki bahan yang mudah terbakar dalam jumlah yang signifikan, sampah, ataupun ruang penyimpanan (Hughes Associates, Inc., 2000).

Pada NFPA 101A *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* (2013) dijelaskan bahwa ada empat tahap untuk melakukan pemisahan area yang berbahaya. Tahapan yang pertama adalah mengidentifikasi area berbahaya dimana area yang menyimpan atau digunakan untuk kegiatan lain yang bukan merupakan ruang kantor biasanya dan memiliki potensi menimbulkan *flashover*. Tahapan

kedua adalah menentukan tingkat keparahan bahaya di tempat/area berbahaya yang telah teridentifikasi bila terjadi kebakaran akan merusak struktur bangunan atau tidak. Tahap ketiga adalah menentukan sistem proteksi kebakaran yang tersedia. Dua jenis proteksi kebakaran yang digunakan dapat berupa *sprinkler* otomatis atau sistem pemadam lainnya yang diperlukan untuk mengendalikan/membatasi bahaya. Selain itu, adanya penggunaan partisi dan pintu tahan api juga termasuk salah satu proteksi kebakaran yang dapat mencegah terjadinya penyebaran api dari daerah berbahaya ke bagian struktur bangunan lain. Tahapan terakhir adalah menentukan tingkat *deficiency* (kekurangan) pada area berbahaya.

Tabel 2.5 Tingkat *Deficiency* pada Area Berbahaya

	No protection	Sprinkler protection	Fire resistance-rated enclosure*	Sprinklered and fire resistance-rated enclosure*
Not structurally endangering	Single deficiency	No deficiency		
Structurally endangering	Double deficiency	Single deficiency	No deficiency	

*Complete enclosure having sufficient fire resistance to contain the potential of the hazardous contents area.

Sumber: NFPA 101A, 2013

2.2.3 Buka-an Vertikal

Bukaan vertikal adalah suatu bukaan atau lubang yang menghubungkan antara satu lantai dengan lantai lain secara vertikal ataupun antara lantai dengan atap bangunan. Bukaan atau lubang ini bisa berupa tangga, *lift*, saluran binatu, pembuangan sampah, jalur pipa atau jalur ventilasi. Setiap bukaan vertikal antara

lantai bangunan harus tertutup dan dilindungi dengan bahan/material yang tahan api. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran api dan asap melalui bukaan vertikal dari lantai ke lantai sehingga penghuni mempunyai waktu untuk menggunakan sarana jalan keluar ketika terjadi kebakaran (NFPA 101, 2012).

Pencegahan sebaran api dan asap yang melalui bukaan vertikal adalah dengan melengkapi bukaan vertikal dengan *fire stopping*. *Fire stopping* ini harus dipasang pada salah satu atau kedua sisi bukaan vertikal misalnya saja pada shaft kabel, pipa, atau sambungan konstruksi (*joint*). Selain menggunakan *fire stopping material* yang memiliki tingkat ketahanan api selama 1 jam, bukaan vertikal juga dapat dilengkapi dengan *fire damper* yang merupakan suatu perangkat bagian dari ventilasi udara dalam kondisi normal melalui saluran, dinding atau partisi dimana dapat menutup secara otomatis untuk mencegah perjalanan/penyebaran api selama jangka waktu yang ditentukan jika terjadi kebakaran (ASFP, 2005).

2.2.4 Sprinkler

Pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 tahun 2008, alat pemancar air untuk pemadaman kebakaran yang mempunyai tudung berbentuk deflektor pada ujung mulut pancarnya sehingga air dapat memancar secara merata ke semua arah disebut *sprinkler*. Instalasi siprinkler pada gedung harus dalam keadaan baik dimana kepala *sprinkler* harus diinspeksi setiap tahun dan tidak boleh diubah dalam hal apa pun misalnya saja kepala *sprinkler* diberi ornamen

atau dicat. Selain itu, *sprinkler* juga harus diletakkan pada posisi yang baik, di tempat yang tidak menghalangi semprotan air yang keluar dari *sprinkler*.

Sprinkler harus merupakan peralatan proteksi kebakaran yang terhubung dengan sistem alarm kebakaran otomatis (NFPA 101A, 2013). Pada tahap awal terjadi kebakaran, *sprinkler* berfungsi memadamkan api sehingga mencegah api semakin membesar dan menyebar serta memberi tanda ke ruang kontrol sehingga bisa mengaktifkan alarm serta jika memungkinkan bisa langsung memberi sinyal kepada pemadam kebakaran. Faktor yang mempengaruhi kemampuan *sprinkler* untuk memadamkan api adalah kecenderungan radiasi api, jenis ruangan, sistem ventilasi pada ruang tertutup, dan jenis bahan yang terbakar (Furness & Muckett, 2007).

Sprinkler dapat mempengaruhi karakteristik asap yang dihasilkan pada saat kebakaran. Turunnya asap akan terjadi lebih mudah jika *droplet* air dari *sprinkler* kecil dan suhu lapisan asap pada awal kebakaran kecil. Namun untuk *spray water* yang lebih besar, penurunan asap juga lebih besar tetapi tergantung dengan ketebalan asap di awal fase kebakaran (Tang, et.al, 2013b). Asap akan turun semakin besar jika suhu awal asapnya kecil. Selain itu, asap juga akan turun semakin besar jika *water spray* lebih besar (Tang, et.al, 2013a).

Pada sistem *sprinkler* ada tiga bagian yang harus diperhatikan pada saat instalasi. Bagian yang pertama adalah ketersediaan air apakah cukup untuk luas gedung tersebut. Tempat penyediaan air untuk *sprinkler* ada dua jenis yaitu bak/kolam penampungan yang berada di atas tanah atau bak/kolam penampungan yang berada di bawah tanah. Pada bangunan bertingkat sebaiknya menggunakan

tempat penyediaan air yang berada di atas bangunan sehingga tidak memerlukan energi lagi untuk menyedot air dari bawah tanah. Bagian kedua adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari tempat penyediaan air ke ruangan juga harus diperhatikan termasuk katup pengendali yang digunakan untuk mengendalikan tekanan air di dalam pipa yang menghubungkan dengan sistem alarm yang akan aktif jika terjadi kebakaran atau persediaan air berkurang karena adanya kebocoran di salah satu tempat/ruangan. Bagian terakhir yang harus diperhatikan adalah kepala *sprinkler* yang terdiri dari dua komponen yaitu kepalanya dan *fusible link* yang dapat melebur. Kepalanya *sprinkler* berfungsi untuk memancarkan air. Jenis *fusible link* yang paling umum adalah bola kaca yang terdapat gelembung udara pada saat suhu normal. Namun gelembung udara ini akan memuai atau pecah ketika terjadi kebakaran yang mengakibatkan suhu lingkungan naik sehingga pecahnya gelembung udara ini mengaktifkan sistem *sprinkler* dan air akan mengalir. Ada beberapa tipe bola kaca yang pada umumnya digunakan (Tabel 2.4), dan bagian kepala ini tidak boleh dicat atau diubah karena dapat mengganggu efektivitas dari gelembung udara yang berada di dalamnya (Furness & Muckett, 2007).

Tabel 2.6 Warna dan *Operating Temperatures* pada Kepala *Sprinkler*

Colour	Temperature at which it will activate °C
Orange	57
Red	68
Yellow	79

Sumber: Furness & Mucket, 2007. *Introduction to Fire Safety Management*

Sistem *sprinkler* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan cara kerja sistem instalasi pipa. Jenis sistem yang pertama adalah sistem *sprinkler* pipa basah dimana jaringan pipa yang berisi air memiliki tekanan tertentu. Pada saat terjadi kebakaran, *sprinkler* akan meleleh dan terbuka sehingga air langsung memancar. Sistem *sprinkler* ini hanya bekerja di area yang terbakar dan tidak bekerja di ruangan lainnya selama ujung *sprinkler* masih tertutup. Jenis sistem *sprinkler* berikutnya adalah sistem *sprinkler* pipa kering dimana jalur pipa pemadam tidak berisi air. Air baru dapat mengalir jika katup pengalir yang terpasang di pipa induk atau pipa jaringannya dibuka. Pada saat terjadi kebakaran maka seluruh *sprinkler* yang berada pada satu jaringan akan langsung menyembur. Semburan air tersebut akan mengenai dan membasahi seluruh ruang yang diproteksi sehingga lebih efektif tetapi tidak dapat dilokalisir hanya pada suatu ruangan tertentu saja. Pemasangan jenis sistem ini biasanya dibuat dalam bentuk zona kebakaran sehingga air hanya keluar pada jalur yang dibuka saja.

Sistem ini dapat digerakkan dengan pengendali otomatis melalui sinyal yang diberikan oleh detektor api tetapi dapat juga dirancang dengan penggerak manual oleh petugas setempat (Ramli, 2010).

Sistem *sprinkler* harus secara rutin dilakukan pengecekan dan pengujian terhadap katup pengurang tekanan dan pengamanan tekanan. Pengecekan katup pengurang tekanan dan pengamanan tekanan *sprinkler* dilakukan setiap 3 bulan sekali sedangkan untuk pengujiannya dilakukan setiap 5 tahun sekali (Permen PU No. 26 tahun 2008).

2.2.5 Sistem Alarm Kebakaran.

Sistem alarm kebakaran dapat dipasang di gedung-gedung untuk memenuhi satu, atau keduanya, dari dua tujuan utama, yaitu perlindungan kehidupan (keselamatan jiwa) dan perlindungan kekayaan/aset perusahaan. Setiap bangunan gedung perlu mempunyai sistem alarm kebakaran sebagai pendeteksi dini kebakaran untuk memberitahukan kepada seluruh penghuni gedung untuk segera melakukan evaluasi penyelamatan saat terjadinya kebakaran. Selain itu, sistem alarm kebakaran juga dapat memberikan sinyal kebakaran kepada petugas pemadam kebakaran agar kebakaran dapat segera ditanggulangi (Furness & Muckett, 2007).

Sistem alarm kebakaran dibedakan menjadi dua berdasarkan sistem pendeteksi yaitu manual dan otomatis. Sistem alarm kebakaran manual adalah sistem yang memungkinkan untuk mendeteksi api dengan pendeteksi yang dilakukan oleh penghuni gedung melalui alat misalnya saja *manual push pull* dan

break glass. Alat ini harus diletakkan di sepanjang jalan keluar misalnya saja koridor, memiliki warna yang mencolok, dan dioperasikan dengan *single action*. Sistem pendeteksi alarm kebakaran berikutnya adalah otomatis dimana sistem ini dapat mendeteksi api secara otomatis dengan berbagai cara dan alat yang dirancang harus sensitif terhadap fenomena yang berkaitan dengan api misalnya saja ketika terdapat panas, asap, atau api (Furness & Muckett, 2007).

Pada peraturan SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan, dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung juga menjelaskan terkait sistem alarm kebakaran yaitu alarm kebakaran mudah dikenal yang memiliki bunyi serta irama yang khas dan bunyi alarm mempunyai frekuensi kerja antara 500 – 1000 Hz dengan tingkat kekerasan suara minimal 65dBA. Selain itu juga menjelaskan bahwa bagian depan dari kotak tempat menyimpan Titik Panggil Manual (TPM) jenis tombol tekan harus dilengkapi dengan kaca dimana jika kaca tersebut dipecahkan tidak membahayakan dan harus disediakan alat pemukul kaca khusus atau dengan cara lain yang disetujui instansi yang berwenang. TPM harus berwarna merah, mudah dicapai, mudah terlihat dengan jelas, dan ada pada jalur arah ke luar bangunan yang dipasang pada ketinggian 1,4 meter dari lantai. Semua TPM harus terhubung dengan kelompok detektor (zona detektor) yang meliputi daerah tempat TMP terpasang. Bagi bangunan bertingkat, TPM harus terpasang pada setiap lantai dimana untuk setiap TPM harus dapat melayani luas maksimum 900 m².

Berdasarkan SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan, dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung, pada setiap lokasi panel kontrol harus terpasang alarm kebakaran misalnya saja diproteksi dengan detektor kebakaran. Panel kontrol harus bisa menunjukkan asal lokasi kebakaran dan harus mampu membantu kerja detektor dan alarm kebakaran. Panel kontrol harus ditempatkan dalam bangunan di tempat yang aman, mudah terlihat, dan mudah dicapai. Catu daya/*power supply* memiliki 2 buah sumber energi listrik yaitu listrik PLN atau pembangkit tenaga listrik darurat dan baterai. Tegangan baterai yang diijinkan adalah 12 volt dan tegangan maksimum 48 volt. Tegangan pada baterai harus bertahan minimum selama 4 jam dimana pemeliharaan baterai harus mudah, mempunyai pengisi baterai otomatis dan merupakan jenis baterai yang dapat diisi kembali (*rechargeable*), serta bila catu daya dari listrik PLN atau pembangkit tenaga listrik darurat lainnya mati, secara otomatis langsung bisa diambil alih oleh tenaga baterai.

2.2.6 Pendeteksi Asap

Pendeteksi asap merupakan peralatan suatu alarm kebakaran yang dapat mendeteksi asap yang ditimbulkan dari peristiwa kebakaran. Menurut sifat fisiknya, asap merupakan partikel-partikel karbon dari hasil pembakaran yang tidak sempurna (Ramli, 2010).

Pendeteksi asap yang otomatis dibedakan menjadi dua berdasarkan jenis unit deteksi yaitu pendeteksi asap unit ionisasi dan pendeteksi asap unit optikal.

Pendeteksi asap unit ionisasi bersifat sangat sensitif dimana dapat mendeteksi semua jenis asap yang mengandung partikel kecil. Jenis pendeteksi ini juga dapat mendeteksi partikel dalam asap yang tidak terlihat secara kasat mata karena memiliki material bersifat radioaktif dan ketika partikel dalam asap terdeteksi maka akan dikirim sinyal ke *control panel* untuk mengaktifkan alarm. Pendeteksi asap unit optikal mendeteksi semua jenis asap tetapi hanya partikel-partikel besar yang terdispersi di udara seperti pembakaran *furniture*. Sistem kerja sistem ini dengan cara menerima sinar ultraviolet dari matahari dan apabila sinar terhalang oleh asap yang ditimbulkan dari kebakaran maka pendeteksi akan mengirim sinyal dan mengaktifkan alarm kebakaran (Furness & Muckett, 2007). Berdasarkan SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan, dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung, untuk peletakkan alat pendeteksi asap harus diletakkan pada langit-langit tidak kurang dari 10 cm (4 inci) dari dinding. Selain itu, pada radius luas lantai 92 m² harus terdapat minimal satu buah detektor asap, tidak boleh dipasang dalam jarak kurang dari 1,5 meter dari lubang udara masuk/AC, jarak antar pendeteksi asap maksimum 12 meter di dalam ruang efektif dan 18 meter di dalam ruang sirkulasi, dan setiap kelompok atau zona detektor harus dibatasi maksimum 20 buah *smoke detector* yang dapat melindungi ruangan 2000 m² luas lantai.



Gambar 2.4 Detektor Asap

Alat pendeteksi pada gedung selain pendeteksi asap adalah pendeteksi panas dan untuk pemasangan pada setiap gedung dilihat dari fungsi gedung masing-masing. Menurut Ramli (2010), detektor panas adalah alat pendeteksi kebakaran yang dilengkapi dengan suatu rangkaian listrik yang akan mendeteksi kebakaran melalui panas secara otomatis yang sangat sesuai ditempatkan di area dengan kelas kebakaran kelas B seperti minyak dan bahan kimia. Berdasarkan SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan, dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung untuk jarak antara detektor panas dengan detektor panas yang berada pada ruangan tidak lebih dari 7 m untuk ruangan efektif dan tidak boleh lebih dari 10 meter untuk di koridor. Detektor panas tidak boleh dipasang dalam jarak kurang dari 1,5 meter dari lubang udara masuk/AC. Ruangan dengan luas 46 m² dan tinggi langit-langit 3 meter harus dipasang satu alat detektor panas. Detektor panas harus diuji minimal setiap 6 (enam) bulan dan pengujian dilakukan dengan memilih detektor yang berbeda serta dalam lima tahun setiap detektor harus sudah dilakukan pengujian.



Gambar 2.5 Detektor Panas

Pemasangan jenis detektor harus disesuaikan dengan keadaan ruangan dan fungsi ruangan yang ada pada gedung. Adapun pemilihan jenis detektor berdasarkan fungsi ruangan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.7 Pemilihan Jenis Detektor berdasarkan Fungsi Ruangan

Detektor Panas	Detektor Asap
Ruang perjamuan	Ruang Peralatan dan Kontrol
Garasi Mobil	Bangunan
Restoran	Ruang Mesin dan ruang lift
Ruang Sidang	Tangga koridor
Kamar Tidur	Ruang Pompa
Ruang Generator dan	Ruang AC
Transformator	Aula
Laboratorium Kimia	Perpustakaan
Studio Televisi	Gedung

2.2.7 Interior Finish

Keselamatan kebakaran pada gedung bertujuan untuk mengurangi panas sehingga mencegah terjadinya *flasover*. *Flashover* merupakan titik dimana seluruh ruangan mencapai suhu pengapian secara bersamaan dan api menyebar dengan cepat keluar ruangan. Hal ini disebabkan adanya penumpukan panas di dalam ruangan bersumber dari api yang diserap ke dalam dinding atas dan isi ruangan, serta adanya barang/material yang mudah terbakar (Furness & Muckett, 2007). Sesuai dengan penjelasan tersebut, salah satu cara untuk mencegah terjadinya *flashover* adalah dengan memperhatikan *interior finish* yang terdapat pada gedung.

Material yang melapisi permukaan lantai bangunan, anak tangga, dinding, partisi, kolom, plafon, atau segala sesuatu yang menutupi struktur bangunan disebut *interior finish*. Material yang termasuk *interior finish* antara lain kayu, panel kayu, *drywalk*, plastik, ubin plafon berserat, dan penutup dinding (IBC, 2012).

International Building Code menjelaskan bahwa *interior finish* pada dinding dan plafond harus disesuaikan dengan ASTM E 84 atau UL 723 yang dikelompokkan dalam kelas-kelas berdasarkan tingkat penyebaran api yang dijelaskan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Klasifikasi Material Interior Dinding dan Plafond

Kelas	Contoh Material	Tingkat Penyebaran Api
A	<i>brick, gypsum, fiber-cement</i>	0-25
B	<i>Cedar, hemlock, spruce</i>	26-75
C	<i>Plywood, particle board, fiber board</i>	76-200

Sumber: *International Building Code*, 2012

2.2.8 Pengendalian Asap

Pengendalian asap merupakan proteksi kebakaran yang alternatif untuk melindungi lobi dan koridor sehingga mengendalikan atau mencegah terjadinya penumpukan asap pada saat terjadi kebakaran di sepanjang jalan keluar (Furness & Muckett, 2007). Pengendalian asap merupakan suatu sistem alami/mekanis yang berfungsi mengeluarkan asap dari gedung/bagian bangunan gedung sampai batas aman pada saat kebakaran terjadi.

Lapisan asap yang terbentuk pada awal kebakaran di dalam suatu kompartemen tidak menuju langsung ke lantai melainkan akan turun ke arah sumber api. Setelah asap ke arah sumber api, asap akan menjalar ke arah dinding dan menyebar. Setelah menyebar dari sumber api maka akan menebal di bagian bawah dekat dinding (Zhang et al, 2012).

Adanya ventilasi pada gedung juga merupakan salah satu cara untuk mengendalikan laju alir asap. Teknik ventilasi untuk mengendalikan laju alir asap

ada dua yaitu ventilasi natural dan ventilasi mekanis. Ventilasi natural dicapai dengan memberikan bukaan dari bangunan ke udara segar gedung atau ruang yang akan mensuplai udara dari luar. Bukaan yang dipilih harus memiliki laju alir yang cukup tinggi sehingga udara dapat keluar dan masuk ke dalam bangunan tersebut. Tipe ventilasi berikutnya adalah ventilasi mekanis dimana ventilasi ini menggunakan alat untuk memaksa udara masuk dan keluar atau dengan kombinasi keduanya dengan cara menjaga tekanan pada koridor atau jalur penyelamatan. Hal yang harus diperhatikan pada ventilasi mekanis adalah alat yang digunakan harus tahan terhadap suhu yang diperkirakan akan terjadi di bangunan tersebut pada saat terjadi kebakaran (Furness & Muckett, 2007).

2.2.9 Akses Keluar

Pada NFPA 101 *Life Safety Code* (2012) dijelaskan bahwa akses keluar merupakan bagian dari sarana jalan keluar yang langsung mengarah ke pintu keluar dan tidak terdapat jalan buntu. Pada akses keluar di koridor yang dengan beban penghuni melebihi 30 orang harus dipisahkan dari bagian-bagian lain pada bangunan dengan dinding yang memiliki ketahanan api tidak kurang dari satu jam sehingga mempermudah evakuasi untuk penghuni gedung.

Faktor waktu evakuasi yang sangat berpengaruh adalah dari perilaku manusia dimana kemampuan atau kewaspadaan penghuni gedung tersebut. Jika orang tersebut tidak waspada akan adanya tanda-tanda bahaya maka akan menimbulkan keterlambatan untuk bergerak ke pintu keluar. Waktu yang

dibutuhkan pada saat evakuasi dilakukan terdiri dari empat tahapan. Tahapan pertama adalah waktu yang dibutuhkan penghuni gedung untuk menyadari atau mendeteksi (rekognisi) akan adanya api yang baru menyala. Tahap kedua adalah waktu sebelum bergerak yang dipengaruhi oleh perilaku dari masing-masing individu untuk memalui jalur keluar per detik. Tahap ketiga adalah waktu berjalan ke tempat keluar. Tahapan terakhir adalah lamanya waktu penghuni gedung untuk melewati suatu jalur keluar (Furness & Mucket, 2007).

Tabel 2.9 Laju Alir Pintu Darurat

Maximum number of people	Minimum width mm	Maximum flow rate persons/s/m
60	750	0.66
110	850	1.22
220	1050	2.44

Sumber: Furness & Mucket, 2007. *Introduction to Fire Safety Management*

Berdasarkan *International Building Code*, *exit signs* harus terpasang di setiap akses keluar pada gedung. Selain itu, cermin, labirin, dan desain lain yang terdapat pada gedung tidak boleh membingungkan penghuni gedung pada saat evakuasi dalam keadaan darurat. Misalnya saja, cermin yang diletakkan di

sepanjang koridor yang dapat membingungkan penghuni terkait arah jalan keluar sehingga dapat membahayakan penghuni gedung itu sendiri.

2.2.10 Jalur Evakuasi

Setiap bangunan gedung harus dilengkapi dengan sarana penyelamatan jiwa (evakuasi) yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan atau luka pada waktu melakukan evakuasi pada saat keadaan darurat terjadi. Jalur evakuasi adalah jalur perjalanan yang menerus (termasuk jalan keluar, koridor, dan sejenisnya) dari setiap bagian bangunan gedung menuju ke tempat yang aman (Permen PU No. 26 tahun 2008). Menurut Ramli (2010), sarana jalur evakuasi harus direncanakan dengan baik sejak merancang bangunan sesuai dengan rencana pembangunannya dimana harus memperhatikan ukuran dan jumlahnya dengan kapasitas ruangan sehingga semuanya dapat keluar dalam waktu yang ditentukan. Fasilitas yang mendukung sarana jalur evakuasi antara lain pintu keluar, tangga darurat, lampu darurat (*emergency lamp*), penunjuk arah (*safety sign*), dan koridor.

Jarak evakuasi dihitung berdasarkan jarak dari ruangan atau area dimana sumber api berasal, menuju tangga darurat, hingga tempat evakuasi di lantai dasar. Jarak evakuasi ditentukan berdasarkan jenis ataupun fungsi dari gedung tersebut. Jarak evakuasi yang disarankan pada gedung perkantoran jika gedung hanya memiliki satu jalur keluar adalah 18 meter. Jika gedung memiliki jalur keluar lebih dari satu adalah 45 meter (Tavares, 2010).

Berdasarkan SNI 03-6574-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah, dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan Gedung menjelaskan bahwa setiap bangunan harus memiliki pencahayaan darurat (*emergency lamp*) pada sarana menuju jalan keluar (*means of egress*) pada jalan lintas, ruangan yang luasnya lebih dari 300 m². Lampu yang dirancang pada sistem pencahayaan darurat misalnya saja sebuah tanda arah “EXIT” yang memang telah didesain untuk tujuan sebagai lampu darurat. Persyaratan lain terkait pencahayaan darurat antara lain bekerja secara otomatis dan mempunyai tingkat pencahayaan yang cukup untuk evakuasi yang aman. Lokasi pemasangannya antara lain tangga, koridor, lift, dan jalan lorong/jalan umum menuju tempat aman.

Fasilitas lain yang mendukung sarana penyelamatan jiwa adalah *fire lift* dimana sarana ini pada saat terjadi kebakaran hanya boleh digunakan oleh Dinas Pemadam Kebakaran untuk menjangkau seluruh penghuni gedung jika berada pada ketinggian lantai yang susah untuk dijangkau (IBC, 2012). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No.10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan untuk *fire lift* diperlukan bila bangunan memiliki tinggi lantai 20 m atau lebih.

Pintu-pintu *exit* yang membuka ke arah jalan lintasan *exit* harus memiliki ketahanan api sekurang-kurangnya 0,5 jam dan dipasang alat penutup pintu otomatis. Semua jalan lintasan *exit* internal harus diberi ventilasi alami dengan memasang bukaan ventilasi tetap di dinding luar. Ukuran bukaan-bukaan

ventilasi tidak kurang dari 15% luas lantai jalan lintasan keluar. Berdasarkan SNI 03-1746-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran, bukaan pintu untuk sarana jalan ke luar harus sedikitnya memiliki lebar bersih 80 cm (32 inci) dan sebuah pintu yang dirancang dalam keadaan normal selalu tertutup pada suatu sarana jalan ke luar dari pintu yang menutup sendiri dan harus tidak diperkenankan dalam posisi terbuka setiap saat. Setiap antar ruang harus memiliki ukuran minimum untuk lebar koridor 180 cm (72 inci) dalam arah lintasan.

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No.10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan dan berdasarkan SNI 03-1746-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan ke Luar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung yaitu untuk tangga biasa dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.10 Persyaratan Ukuran Tangga Biasa

Komponen	Ukuran (cm)
Lebar Anak Tangga	110 cm
Maksimum Ketinggian Anak Tangga	19 cm (7 ½ inci)
Minimum Kedalaman Anak Tangga	25 cm (10 inci)

Sumber: SNI 03-1746-2000

2.2.11 Koridor/Kompartemen

Kompartemen secara khusus ditujukan untuk memastikan api tidak menyebar secara horizontal atau vertikal melalui suatu bangunan yang dapat membahayakan penghuni gedung atau ditujukan untuk mencegah api kecil menjadi besar yang pada akhirnya dapat membahayakan penghuni gedung dan orang-orang di sekitar gedung. Alasan perlu adanya kompartemen pada setiap gedung adalah untuk membagi bangunan menjadi daerah risiko yang dikelola, menyediakan sarana yang memadai untuk evakuasi, dan sebagai pemisah api pada bangunan yang terletak di sebelahnya (ASFP, 2005).

Setiap kompartemen dipisahkan oleh dinding dan/atau lantai yang tahan terhadap pertumbuhan dan penyebaran api. Pada dinding dan lantai yang digunakan sebagai kompartemen harus memiliki tingkat ketahanan api kurang lebih 2 jam (IBC, 2012).

Kompartemen diklasifikasikan menjadi kompartemen secara horizontal dan secara vertikal. Kompartemen secara horizontal digunakan pada gedung dengan satu lantai, sedangkan kompartemen vertikal digunakan untuk gedung bertingkat. Kompartemen ini berfungsi untuk melindungi penghuni gedung pada saat evakuasi dan melindungi petugas pemadam kebakaran pada saat melakukan proses pemadaman kebakaran (Furness & Mucket, 2007). Kompartemen dibagi menjadi dua berdasarkan jenis material yang dihadapi yaitu kompartemen api dan kompartemen asap. Kompartemen api adalah sebuah ruangan pada gedung yang tertutup di semua sisi oleh hambatan api termasuk sisi atas dan bawah.

Kompartemen asap adalah sebuah ruangan pada gedung yang terdapat penghalang asap di semua sisi termasuk sisi atas dan bawah (NFPA 5000, 2012).

2.2.12 Pelatihan Tanggap Darurat

Pembinaan dan pelatihan sangat penting dalam sistem manajemen kebakaran karena manusia merupakan faktor penyebab terbesar terjadinya kebakaran dan manusia juga berperan penting dalam upaya penanggulangan jika terjadi kebakaran. Pembinaan dan pelatihan ini ditujukan untuk semua pihak yang ada di gedung yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing. Tim pemadam kebakaran perlu diberi pembinaan dan pelatihan mengenai teknik menanggulangi kebakaran, teknik penyelamatan, cara P3K, penggunaan peralatan pemadam kebakaran, dan teknik penyelamatan diri. Para pekerja diberi pelatihan mengenai pengetahuan bahaya kebakaran dengan tujuan untuk meningkatkan kesadaran (Ramli, 2010).

Pelatihan tanggap darurat dilakukan untuk memastikan bahwa semua penghuni gedung mengetahui tugas dan perannya masing-masing serta membiasakan perilaku untuk tetap tenang (tidak panik) apabila terjadi kebakaran yang sesungguhnya. Hal tersebut merupakan cara untuk meminimalkan atau mencegah penghuni gedung tidak terkena atau mengidap penyakit yang diakibatkan karena asap atau panas (Furness & Mucket, 2007). Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor: KEP.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja yang mengatakan bahwa petugas peran kebakaran sekurang-kurangnya 2 (dua) orang untuk setiap jumlah tenaga

kerja 25 (dua puluh lima) orang dan koordinator unit penanggulangan kebakaran untuk tempat kerja tingkat risiko bahaya kebakaran ringan sekurang-kurangnya 1 (satu) orang untuk setiap jumlah tenaga kerja 100 (seratus) orang. Selain itu, peletakaan bagan tim penanggulangan kebakaran juga harus diperhatikan dimana peletakkannya mudah untuk dilihat pada saat terjadi keadaan darurat.

2.3 Persyaratan Tambahan

2.3.1 Sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)

Persyaratan umum untuk perlengkapan sistem HVAC diantaranya adalah peralatan harus disusun dengan baik agar memudahkan akses untuk dilakukan inspeksi, pemeliharaan, dan perbaikan serta peralatan harus dijaga terhadap masuknya benda asing ke sistem. *Smoke damper* harus dipasang dalam sistem dengan kapasitas yang lebih besar dari 7080 L/sec (15.000 ft³/min) untuk mengisolasi peralatan *air handling*, termasuk filter, dari sisa sistem dalam rangka untuk membatasi sirkulasi asap. Selain itu juga dijelaskan bahwa pada koridor jalan keluar harus dilengkapi dengan sistem pengendalian asap (NFPA 90A, 2002) Pada NFPA 90A tahun 2002 tentang *Standard for The Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems* juga dijelaskan mengenai *air handling room* dimana pada ruangan ini tidak boleh dijadikan ruangan penyimpanan barang-barang (gudang) atau hunian. Pada ruangan ini juga harus disediakan *fire damper* jika terdapat saluran udara yang menembus atau berakhir pada bukaan di dinding atau partisi yang memiliki tingkat ketahanan api 2 jam atau lebih.

2.3.2 Pompam Pemadam Dan Hidran

Berdasarkan NFPA 20 *Standard for The Installation of Stationary Fire Pumps for Fire Protection* dan NFPA 25 *Standard for The Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems* yang dijelaskan oleh *Palm Beach County Fire Rescue* (2008) bahwa pompa pemadam harus terdapat pada setiap gedung karena pasokan air umum tidak dapat memberikan cukup volume dan tekanan untuk seluruh gedung yang ada, fungsi penggunaan asli bangunan telah berubah dan risiko kebakaran meningkat sehingga membutuhkan proteksi pemadam pada setiap gedung yaitu salah satunya pompa pemadam yang berhubungan dengan alat proteksi pemadam yang lain yaitu hidran dan *sprinkler*. Adapun komponen instalasi pompa kebakaran pada umumnya meliputi:

1. Pompa kebakaran yang dirancang untuk menangani pasokan air yang tersedia.
2. *Pump driver* yang digunakan sebagai motor listrik atau mesin diesel.
3. Pengendali dari penggerak pompa untuk operasi otomatis.
4. *Gear drive* yang digunakan untuk transmisi daya dari penggerak pompa.
5. Katup air (*water relief valve*) yang digunakan untuk mengurangi atau membatasi tekanan berlebih pada mesin diesel.
6. *Flowmeters* yang digunakan pada instalasi pompa sebagai cara yang mudah untuk mengukur aliran pompa yang akurat.
7. *Storage tank (pump suction tank)* yang menyediakan volume air yang cukup ketika volume persediaan air kota tidak cukup dan/atau tekanan (pompa kebakaran juga dapat menarik dari alam atau kolam buatan manusia atau sungai).

Selain komponen instalasi pompa pemadam kebakaran yang dijelaskan di atas adalah pemipaan. Rangkaian jaringan pemipaan pada sistem hidran terdiri atas pipa hisap (*suction*), pipa *header*, pipa tegak (*riser*), dan pipa cabang. Pipa hisap adalah pipa yang terletak dari bak penampung (*reservoir*) sampai ke pompa dengan diameter pipa bervariasi antara 4 inci dan 6 inci. Pipa *header* adalah pipa yang terpasang horizontal dan merupakan tempat bertemunya pipa pengeluaran (*discharge*) dari pompa jokey, pompa utama maupun pompa cadangan, yang kemudian meneruskan ke pipa penyalur. Diameter pipa *header* bervariasi antara 4,6 inci dan 8 inci yang disesuaikan dengan besar kecil sistem hidran yang dipasang. Pipa tegak merupakan pipa yang terpasang secara vertikal dari lantai terbawah sampai lantai teratas gedung dengan diameter 3,4 inci dan 6 inci. Pipa cabang adalah pipa yang dihubungkan dari pipa tegak sampai ke titik pengeluaran (*outlet*) hidran yang terdapat di lantai-lantai gedung dengan diameter pipa antara 3 inci atau 4 inci liter (Dinas Pemadam Kebakaran Yogyakarta, 2013).

Adapun rekomendasi jadwal *inspection*, *test*, *maintenance* pada pompa kebakaran dijelaskan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Jadwal *Inspection*, *Test*, *Maintenance* pada Pompa Pemadam
Kebakaran

Item	Activity	Frequency
Pump House, Heating	Inspection	Weekly
Ventilating Louvers	Inspection	Weekly
Fire Pump System	Inspection	Weekly
Pump Churn Test	Test	Weekly
Pump Flow Test	Test	Annually
Mechanical Transmission	Maintenance	Annually
Electrical System	Maintenance	Varies
Controller Components	Maintenance	Varies
Motor	Maintenance	Annually
Diesel Engine System	Maintenance	Varies

Sumber: *Palm Beach County Fire Rescue, 2004. Fire Pumps*

Salah satu proteksi kebakaran gedung yang harus terhubung dengan pompa pemadam adalah hidran gedung dan hidran taman (halaman). Rencana dan spesifikasi sistem hidran halaman harus dikomunikasikan ke dinas pemadam kebakaran setempat untuk dikaji dan diberi persetujuan sebelum dilakukan konstruksinya. Pada lingkungan gedung diperlukan lebih dari satu hidran taman (halaman), sehingga peletakkan hidran seharusnya di sepanjang jalur akses mobil pemadam dimana tiap bagian dari jalur tersebut berada pada jarak radius 50 m (Permen PU No. 26 tahun 2008).

Tabel 2.12 Tindakan Korektif pada Hidran Taman (Halaman)

KONDISI	TINDAKAN KOREKTIF
Tidak dapat diakses	Buat supaya dapat diakses
Kebocoran di outlet atau bagian atas hidran pilar	Perbaiki atau ganti gasket, paking, atau komponen seperlunya
Keretakan di batang pilar hidran	Perbaiki atau ganti
Outlet	Beri pelumas atau kencangkan seperlunya
Alur nozel yang aus	Perbaiki atau ganti
Mur operasi hidran yang aus	Perbaiki atau ganti
Ketersediaan kunci hidran	Pastikan kunci hidran tersedia

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 tahun 2008

Pada Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum No.10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan dijelaskan bahwa keperluan penggunaan hidran adalah alat yang dilengkapi dengan slang kebakaran (*fire hose*) dengan panjang minimal 30 m dan mulut pancar (*nozzle*) untuk mengalirkan air bertekanan.

Tabel 2.13 Standar Tekanan pada *Nozzle*

Tekanan <i>Nozzle</i>	Jenis <i>Nozzle</i>
50 psi	<i>Smooth Bore Hand Line</i>
50 psi	<i>Combination Nozzle</i>
80 psi	<i>Smooth Bore Master Stream</i>

100 psi	<i>Fog Nozzle</i>
---------	-------------------

Sumber: *Palm Beach County Fire Rescue, 2004. Fire Pumps*

Menurut Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI terkait pengawasan K3 terhadap penanggulangan kebakaran (2014) menjelaskan ada beberapa kriteria dasar untuk perencanaan hidran antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.14 Kriteria Dasar Perencanaan Hidran

Kriteria	Kelas I (Ringan)	Kelas II (Sedang)	Kelas III (berat)
Debit air minimal	500 US GPM	500 US GPM	500 US GPM
Tekanan pada nozzle terjauh	4,5-7 kg/cm ²	4,5-7 kg/cm ²	4,5-7 kg/cm ²
Ukuran selang	1,5	2,5	1,5 dan 2,5
Persediaan air	45 menit	60 menit	90 menit

Sumber: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI (2014)

Jenis bahan slang kebakaran (*fire hose*) berdasarkan materi pelatihan PT Pertamina (Persero) yang diberikan oleh Ir. Ismet Somad MSc.Eng mengenai aspek kebakaran dan sarfas (*fire fighting equipment*) ada 2 (dua) yaitu selang karet dan selang kanvas

dimana masing-masing jenis slang tersebut memiliki kelebihan dan keuntungan. Adapun penjelasan mengenai jenis bahan slang kebakaran dijelaskan pada Tabel 2.17.

Tabel 2.15 Jenis Bahan Slang Kebakaran

Keterangan	Slang Karet	Slang Kanvas
Kelebihan	Tahan (<i>resistant</i>) terhadap minyak dan bahan kimia.	Memiliki sifat rembes dimana tidak rusak jika terkena bara api sehingga cocok untuk kebakaran kelas A.
Kelemahan	Mudah bocor apabila terkena bara api sehingga tidak cocok untuk kebakaran kelas A.	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak tahan terhadap bahan kimia dan mudah lapuk. • Memerlukan ekstra pemeliharaan dengan menjaga slang harus selalu kering.

Pada SNI 03-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung menjelaskan bahwa kotak slang kebakaran harus merupakan lemari tertutup (*box hydrant*) yang hanya digunakan untuk menempatkan peralatan

kebakaran dan setiap lemari dicat dengan warna yang menyolok mata serta dengan posisi yang tidak boleh terhalang sehingga mudah terlihat.

2.3.3 Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Menurut Ramli (2010), kebakaran dapat dimatikan dengan menggunakan suatu bahan yang disebut media pemadam api yang tepat dengan menyesuaikan klasifikasi jenis kebakaran. Misalnya saja kebakaran kelas C atau kebakaran disebabkan listrik tidak sesuai dipadamkan dengan air karena akan menimbulkan bahaya sengatan listrik.

Berdasarkan NFPA 45 *Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals* (2004), semua unit laboratorium harus dilengkapi dengan sistem proteksi kebakaran sesuai dengan bahaya kebakaran. Salah satu sistem proteksi kebakaran pada gedung adalah Alat Pemadam Api Ringan (APAR) yang memiliki berbagai jenis media pemadam yang berada dalam tabung APAR. Adapun jenis media pemadam pada tabung APAR antara lain:

a. Busa (*foam*)

Media pemadam ini sering digunakan di lingkungan perminyakan dan petrokimia. Busa (*foam*) sangat efektif untuk memadamkan kebakaran kelas A dan B. Media ini jika disemprotkan ke benda atau objek yang terbakar, maka busa akan menyelimuti benda yang terbakar. Misalnya saja, tangki minyak yang terbakar jika dipadamkan dengan busa maka larutan busa akan mengapung di atas cairan sehingga memisahkan antara minyak dengan udara. Media pemadam ini berasal dari air yang memiliki efek pendinginan (*cooling*) untuk menurunkan temperatur pembakaran sehingga api dapat berkurang. Oleh karena itu, busa

sangat tepat digunakan untuk memadamkan kebakaran cair (*liquid fire*) atau tumpahan bahan kimia (*chemical spill*).

b. *Dry Chemical Powder*

Media pemadam *dry chemical powder* digunakan untuk kelas A, B, C, dan D. Sifat pemadaman jenis media ini adalah menyerap panas, bukan penghantar listrik, dan menutup dengan cara melekat pada obyek yang terbakar karena adanya reaksi kimia bahan tersebut saat kebakaran (reaksi panas api). Efek samping yang ditimbulkan dari media pemadam ini adalah menimbulkan debu dan kotor, dapat berakibat korosi dan kerusakan pada mesin atau perangkat elektronik. *Dry chemical powder* hanya digunakan sekali pakai setiap terjadi kejadian kebakaran.

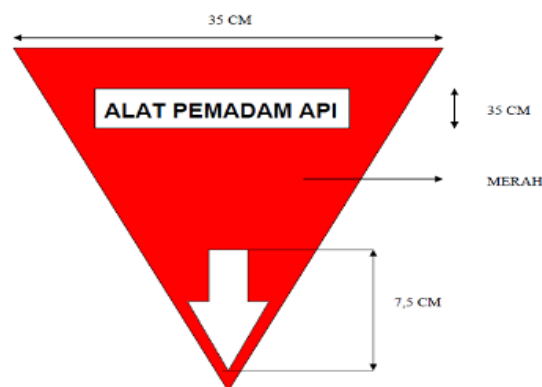
c. Karbondioksida

Media pemadam ini cocok dan efektif digunakan untuk memadamkan kebakaran gas dan peralatan listrik (B dan C). Prinsip kerja CO₂ adalah dengan efek penyalutan (*smothering*) dan pendinginan (*cooling*) dimana terjadi perubahan fase dari bentuk cair menjadi gas.

Keunggulan dari media pemadam ini antara lain bersih karena tidak meninggalkan bekas, tidak merusak peralatan (elektronik dan mesin) sehingga tepat untuk area generator dan instalasi listrik, murah dan mudah didapat di pasaran karena banyak digunakan untuk keperluan misalnya bahan pendingin (es kering), dalam konsentrasi rendah tidak beracun, dan bekerja sendiri (*self expelling*) karena memiliki tekanan yang cukup menyembrot tanpa bantuan. Akan tetapi selain keunggulan yang dimiliki, media pemadam ini juga memiliki

kelemahan dimana wadah penyimpanannya berat karena harus menahan tekanan yang relatif tinggi, dan jika terpapar gas CO₂ dalam konsentrasi tinggi akan mengakibatkan kehilangan bahkan kesadaran. Pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan menjelaskan bahwa penyediaan APAR disesuaikan pada klasifikasi jenis kebakaran gedung.

Berdasarkan NFPA 10 *Standard for Portable Fire Extinguishers* dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan, Alat Pemadam Api Ringan (APAR) harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat dengan jelas, mudah dicapai dan diambil. Pemasangan APAR harus dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan dengan ketentuan segitiga sama sisi dengan warna dasar merah, ukuran sisi 35 cm, tinggi huruf 3 cm berwarna putih, dan tinggi tanda panah 7,5 cm warna putih.



Gambar 2.6 Tanda Pemasangan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) pada Dinding

Sumber : Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-

04/MEN/1980

APAR harus selalu dalam keadaan siap pakai dan dilengkapi dengan petunjuk penggunaan, yang memuat urutan singkat dan jelas tentang cara penggunaan, ditempatkan pada tempat yang mudah dilihat dan dijangkau. Penentuan jenis, daya padam dan penempatan alat pemadam api ringan yang disediakan untuk pemadaman, harus disesuaikan dengan klasifikasi bahaya kebakaran. Selain 2 (dua) peraturan tersebut, pada NFPA 10 *Portable Fire Extinguishers* juga dijelaskan mengenai peletakkan APAR yaitu peletakkan harus mencolok dan mudah diakses, harus ditempatkan di sepanjang jalur normal perjalanan, luas lantai bangunan kurang dari 3000ft (278,7 m²) setidaknya terdapat 1 (satu) APAR dan jarak jangkauan sejauh 75 ft (22,9 m).

2.4 Metode Evaluasi Sistem Proteksi Dan Keselamatan Kebakaran

2.4.1 Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES)

Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) merupakan suatu perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh Hughes Associates, Inc. yang berada dibawah badan NIST (*National Institute of Standards and Technology*). *Software* CFSES ini dikembangkan berdasarkan NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety*. NFPA 101A memuat kode dan standar mengenai keselamatan kebakaran yang berbeda berdasarkan tempat yang dilakukan evaluasi. Standar untuk gedung perkantoran akan berbeda dengan bangunan pendidikan, bangunan pelayanan kesehatan, ruang pertemuan, maupun tempat lainnya (Hughes Associates, Inc., 2000).

Computerized Fire Safety Evaluation System (CFSES) merupakan pengembangan dari NFPA 101A yang berfokus pada standar bahaya kebakaran di gedung perkantoran. Pada awalnya, NFPA 101A dikembangkan menjadi *Fire Safety Evaluation System* (FSES) versi 1.0 yang kemudian berkembang menjadi *Enhanced Fire Safety Evaluation System* (EFSES) versi 1.1B, dan berkembang lagi menjadi *Enhanced Fire Safety Evaluation System* (EFSES) versi 1.2. *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES) adalah pengkomputerisasian EFSES, dan CFSES yang terbaru adalah versi 1.2.03 yang dikeluarkan pada tahun 2000. Metodologi yang digunakan oleh *software* ini adalah membandingkan nilai yang didapat berdasarkan hasil penilaian dengan nilai standar yang harus dipenuhi oleh suatu gedung (Hughes Associates, Inc., 2000).

Evaluasi CFSES pada sebuah gedung dilakukan dengan cara membandingkan nilai berdasarkan hasil penelitian dengan nilai standar sesuai dengan NFPA 101 *Life Safety Code*. Terdapat 12 parameter untuk menilai keselamatan kebakaran gedung dengan menggunakan CFSES, diantaranya konstruksi, segregasi bahaya, bukaan vertikal, *sprinkler*, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, *interior finish*, pengendalian asap, akses keluar, jalur evakuasi, koridor/kompartemen, dan pelatihan tanggap darurat. Nilai dari masing-masing parameter akan mempengaruhi terhadap kontrol penyebaran api, sistem jalan keluar, dan keselamatan kebakaran gedung secara umum (NFPA 101A, 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian bersifat observasional dengan pendekatan semikuantitatif dengan tujuan mengevaluasi sistem keselamatan kebakaran di gedung Rumah Sakit XYZ sesuai dengan *Fire Safety Evaluation System* NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* dan dianalisis menggunakan perangkat lunak (*software*) yaitu *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Gedung Rumah Sakit XYZ, Palembang Sumatera Selatan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-September 2016.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah keselamatan kebakaran gedung Rumah Sakit XYZ menurut NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* yang terdiri dari kontrol penyebaran api, sistem jalan keluar, keselamatan kebakaran secara umum, dan persyaratan tambahan. Keselamatan kebakaran gedung secara lebih detail lagi memiliki elemen-elemen seperti jumlah lantai, tinggi gedung, klasifikasi gedung, konstruksi

gedung, segregasi bahaya, bukaan vertikal, *sprinklers*, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, barang properti, pengendalian asap, akses keluar, jalur evakuasi, kompartemenisasi, dan pelatihan tanggap darurat.

3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.4.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini didapatkan dari hasil observasi peneliti sesuai dengan NFPA 101A : *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* terhadap jenis sistem alarm kebakaran, pengendalian asap, bukaan vertikal di gedung, dan karakteristik tangga darurat dengan menggunakan kamera dan meteran.

3.4.2 Data Sekunder

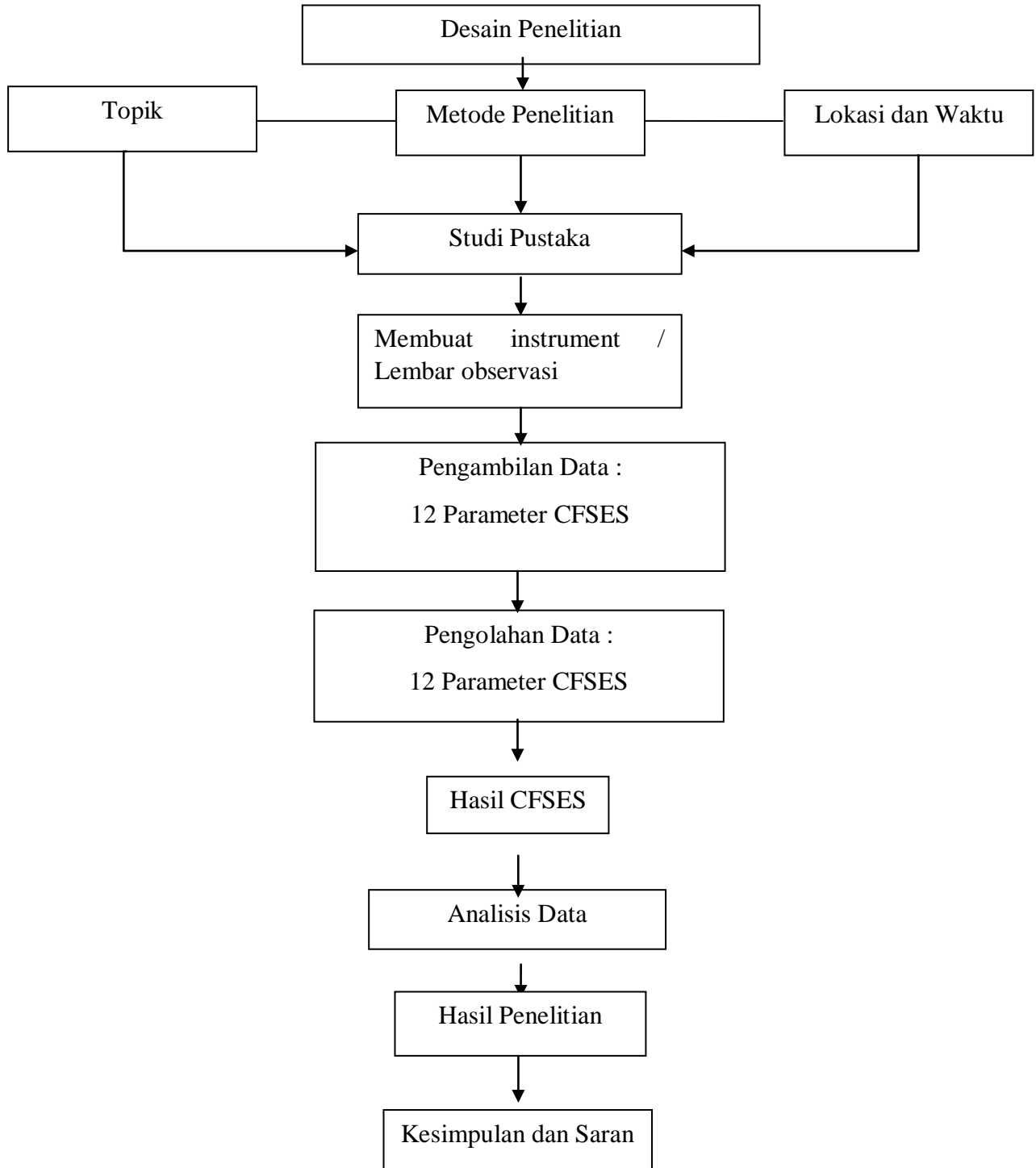
Data sekunder dalam penelitian ini didapat dengan menelaah dokumen gedung Rumah Sakit XYZ seperti data tinggi gedung, tanggal pembangunan gedung, jenis konstruksi gedung, jenis barang properti, dan juga laporan pelatihan kebakaran setiap tahun.

3.5 Analisis Data

Setelah data untuk penelitian ini diperoleh, maka data tersebut akan dianalisis menggunakan *software* CFSES. Adapun langkah-langkah analisis data dengan menggunakan CFSES adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan nama, organisasi analis, tanggal dan waktu penelitian.
2. Memasukkan identitas gedung berupa nama gedung, alamat, dan catatan yang ingin ditambahkan.
3. Memasukkan data tentang karakteristik gedung secara umum berupa jumlah lantai, tinggi gedung, klasifikasi gedung, dan jumlah total luas lantai gedung tersebut.
4. Memasukkan nilai masing-masing *safety parameter* sesuai dengan range nilai yang telah ditentukan oleh NFPA 101A berdasarkan data dan *judgement* yang menggambarkan kondisi fasilitas keselamatan pada gedung tersebut.
5. Memilih persyaratan tambahan yang sesuai dengan keadaan gedung Rumah Sakit XYZ.
6. Menentukan tingkat kesesuaian manajemen keselamatan kebakaran gedung dengan standar NFPA 101 : *Life Safety Code*

3.6 Diagram alur penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Fisik Gedung Rumah Sakit XYZ



Gambar 4.1 Rumah Sakit XYZ

Rumah Sakit XYZ ialah salah satu Layanan Kesehatan milik Organisasi Sosial Kota Palembang yang berupa Rumah Sakit Umum, dinaungi oleh Rumah Sakit Swasta Islam dan termasuk kedalam Rumah Sakit Kelas C.

Rumah Sakit Umum ini bertempat di Palembang, Kota Palembang, Indonesia. Rumah sakit XYZ ini Memiliki Layanan Unggulan di Bidang USG 4 DIMENSI. Rumah Sakit ini memiliki Luas Tanah 42962 m^2 dengan Luas Bangunan 6096 m^2 dan tinggi 6 m ($19,68 \text{ feet}$) Jumlah

kamar menurut kelas: VVIP: 9 kamar, VIP: 7 kamar, kelas I: 43 kamar, kelas II: 31 kamar, kelas III: 126 kamar, ICU: 4 kamar, TT di IGD: 11 kamar, TT bayi baru lahir: 20 kamar, TT kamar bersalin: 4 kamar, TT ruang operasi: 4 kamar

4.2 Analisis Data Penelitian

Setelah memperoleh data, kemudian dianalisis dengan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES). Tahap pertama adalah mengisi data informasi analisis peneliti, mulai dari nama peneliti, organisasi peneliti, tanggal serta waktu menginput data CFSES. Kemudian data umum tentang gedung yang akan dianalisis seperti nama gedung, alamat gedung yang akan diteliti, building ID.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

ANALYSIS INFORMATION

Analyst Name:

Organization:

Date:

Time:

File:

Next Screen Exit Help

Gambar 4.2 Data analisis

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
GENERAL BUILDING DATA

Building Name: Rumah Sakit XYZ

Building Address: Palembang

Building ID:

Notes:

Next Screen Back Screen Exit Help

Gambar 4.3 Data Umum Gedung

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
GENERAL BUILDING CHARACTERISTICS - SHEET 1

This screen is used to determine the building height. The building height is either the number of occupied stories above the lowest level of exit discharge or the number of occupied stories above the lowest level that is at least fifty percent above grade.

Number of Stories:

☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4-5 ☐ Over 5

Next Screen Back Screen Exit Help

Gambar 4.4 Jumlah Lantai

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

GENERAL BUILDING CHARACTERISTICS - SHEET 2

An existing building is defined in NFPA 101 (2000) as a building erected of officially authorized prior to the effective dated of the adoption of this edition of the Code by the agency or jurisdiction.

Building Height (Feet):

☒ Less than 75 ☐ 75 to 150 ☐ Greater than 150

Building is Classified as:

☒ Existing ☐ New

Gross Floor Area (Square Feet):

Enter Gross Building Floor Area: 65616.8

Next Screen Back Screen Exit Help

Gambar 4.5 Karakteristik Gedung

Setelah data umum dan data karakteristik gedung dimasukan yaitu gedung terdiri dari 2 lantai dengan ketinggian 6 meter (19.6848*feet*) dan dikategorikan sebagai gedung lama, pada perhitungan CFSES yang mengacu pada NFPA 101 didapat nilai standar keselamatan minimum, yaitu:

- Variabel kontrol penyebaran api adalah -4
- Variabel sistem jalan keluar adalah 0
- Variabel keselamatan kebakaran umum adalah -4

SCORE

Egr. L.S. Gen.

MANDATORY REQUIREMENT

-4. 0. -4.

Egr. L.S. Gen.

Gambar 4.6 Nilai Standar Keselamatan Minimum Gedung

Nilai standar ini menjadi acuan dalam menentukan kesesuaian terhadap penerapan keselamatan kebakaran Gedung Rumah Sakit XYZ. Berikutnya setelah standar keselamatan minimum sudah didapat, tahap selanjutnya adalah melakukan penilaian terhadap dua belas parameter pada CFSES, yaitu:

4.2.1 Konstruksi Gedung

Konstruksi pada bangunan gedung Rumah Sakit XYZ ini adalah berpondasi beton bertulang dan dinding pada gedung ini batu bata ditambah plester semen sehingga tergolong konstruksi tipe III (211). Maka dari itu, variable dari konstruksi mendapatkan nilai awal 0. (Gambar 4.7).

Menurut Permen PU No. 26 tahun 2008 konstruksi gedung diklasifikasikan menurut bahan dasar dan tingkat ketahanan apinya, yaitu tipe I (beton dan baja struktural), tipe II (baja ringan, alumunium, dan kaca), tipe III (material campur *combustible* dan *non combustible* termasuk kayu, beton dan batu bata), tipe IV (kayu padat/kayu tebal), dan tipe V (rangka kayu).


CFSES windows Application - version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help


COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

1. CONSTRUCTION PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER VALUE							
1. Construction	Noncombustible				Combustible			
NFPA 220 Building Construction Types	Type I (433) Type I (332) Type II (222)	Type II (111)	Type II (000)	Type III	Type IV	Type V		
				(211)	(200)	(2HH)	(111)	(000)
Construction Types	2	2	-4	0	-2	0	0	-4



WALL BEARING



WALL AND FRAME BEARING

Accept
Cancel
Help
Information
Judgement

Gambar 4.6 Nilai Variabel Konstruksi Gedung

Berdasarkan Penilaian CFSES konstruksi, Gedung Rumah Sakit XYZ mendapatkan nilai 0 dari rentang -4 sampai 2. Karena bukan konstruksi di Rumah Sakit XYZ memiliki tipe III (211) material campuran *combustible* dan *non combustible* termasuk kayu, beton dan batu bata.

Gambar 4.7 Penilaian Parameter Konstruksi

4.2.2. Pemisahan Bahaya (*Segregation Of Hazard*)

Ruangan yang berpotensi terhadap bahaya kebakaran pada gedung rumah sakit XYZ seperti ruang genset, ruang panel, dan ruang gizi sudah dialokasikan terpisah dari jalur keluar. Segregasi bahaya di gedung rumah sakit XYZ termasuk memiliki *single deficiency*, yaitu hanya memiliki kekurangan tunggal dan jauh dari jalan keluar, dan untuk proteksi kebakarannya hanya dilengkapi APAR tetapi tidak dilengkapi dengan *sprinkler*. Penilaian parameter ini adalah 0.



Gambar 4.8 Letak Ruang genset

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADLPRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

2. SEGREGATION OF HAZARDS PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS				
	Exposed Exit System		Segregated from Exit Routes		None or No Deficiencies
	Double Def	Single Def	Double Def	Single Def	
2. Segregation of Hazards	-7	-4	-4	0	0

DOUBLE DEFICIENCY

	NO PROT.	SPRINK. PROT.	FIRE RESIST. ENCL.	SPRINK'D & FIRE RESIST. ENCL.
NOT STRUCT. ENDANG.	SINGLE DEFIC.	NO DEFIC.		
STRUCT. ENDANG.	DOUBLE DEFIC.			

Accept Cancel Help Information Judgement

Gambar 4.9 Penilaian Parameter *Segregation Of Hazard*

The screenshot shows a Windows application window titled "CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ". The menu bar includes "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main window has a teal background and contains the following elements:

- Title:** COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
- Section:** JUDGEMENT SCORE FOR THE SEGREGATION OF HAZARDS PARAMETER (2)
- Instruction Box:** "This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet."
- Input Fields:**
 - "Enter the desired score:" with a text box containing "0."
 - "Enter the reason for score selection:" with a text box containing "kekurangan tunggal, jauh dari gedung tetapi tidak dilengkapi sprinkler"
- Action Buttons:**
 - Accept:** ENTER JUDGEMENT DATA
 - Clear:** REMOVES JUDGEMENT DATA
 - Cancel:** MAKES NO CHANGES
 - Help:** BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.10 Penilaian Parameter *Segregation Of Hazard*

4.2.3. Bukaan Vertikal (*Vertical Opening*)

Gedung Rumah Sakit XYZ memiliki beberapa bukaan vertikal seperti tangga, shaf pipa, shaf kabel, elevator yang menghubungkan dari lantai 1 sampai ke lantai 2 tetapi tidak dilengkapi dengan fire damper atau penghambat api.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRU

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

3. VERTICAL OPENINGS PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS						
	Open (or Incomplete Enclosure)				Enclosed		
	Connects 5 or More Floors	Connects 4 Floors	Connect 3 Floors	Connects 2 Floors	< 30 min	30 min to 1 hr	> 1 hr
3. Vertical Openings	-10	-7	-4	-2	-1	0	1

VERTICAL OPENINGS

There is either a series of unenclosed floor openings through 1 floor slab.

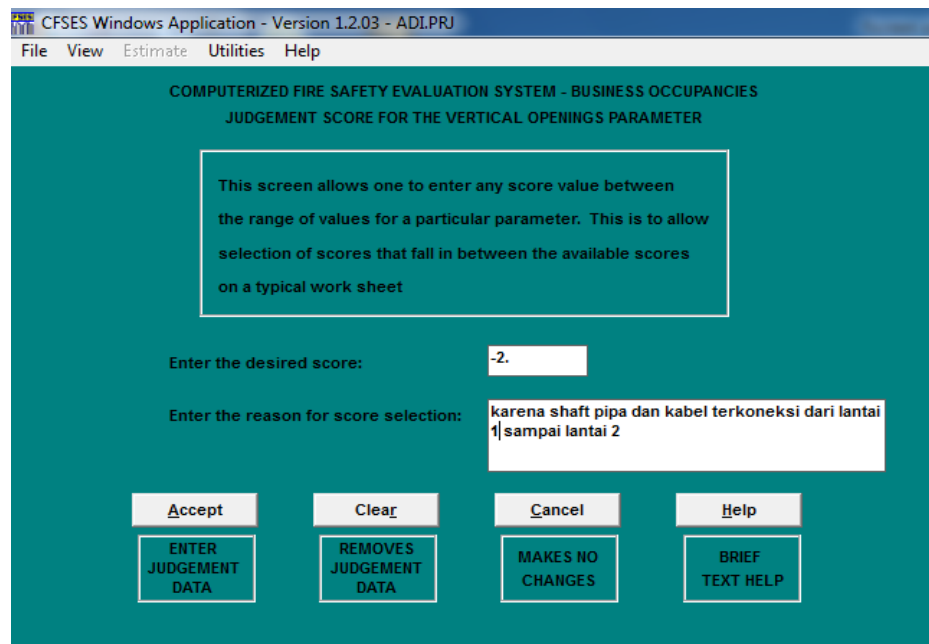
or

There is a shaft of 2 or more floors in vertical length that has unprotected openings to 2 floors. There must be 2 floors exposed to make this charge though the floors need not be consecutive in shafts that extend over 2 floors.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.11 Penilaian Parameter *Vertical Opening*

Berdasarkan Penilaian CFSES bukaan vertikal di Gedung Rumah Sakit XYZ mendapatkan nilai -2 dari rentang -10 sampai 1. Karena bukaan vertikal di Rumah Sakit XYZ seperti tangga, shaf kabel dan shaf pipa tidak dilengkapi dengan fire damper atau fire stopiing material sehingga penyebarannapi akan sangat cepat melalui bukaan vertikal.



CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADLPRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE VERTICAL OPENINGS PARAMETER

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet

Enter the desired score: -2.

Enter the reason for score selection: karena shaft pipa dan kabel terkoneksi dari lantai 1 sampai lantai 2

Accept ENTER JUDGEMENT DATA

Clear REMOVES JUDGEMENT DATA

Cancel MAKES NO CHANGES

Help BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.12 Penilaian Parameter *Vertical Opening*

4.2.4. *Sprinklers*

Gedung Rumah Sakit XYZ tidak memiliki sprinkler dikarenakan gedung rumah sakit xyz hanya terdiri dari 2 (dua) lantai. Sehingga penilaian pada parameter ini mendapatkan nilai 0 dari rentang nilai 0-12.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
4. SPRINKLERS PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER					
	None	Corridors Only	All but Corr. and Lobbies		Total Building	
			Standard	Quick Resp.	Standard	Quick Resp.
4. Sprinklers	0	0	4	6	10	12

SPRINKLERS

The building either has no sprinkler protection
or
There is some sprinkler protection but not enough to qualify for any of the other categories of this parameter.
In many buildings hazardous areas such as store rooms, trash rooms, and printing plants and other spaces are individually sprinkler protected. The value of these separate systems is accounted for in Parameter 2, Segregation of hazards.

Accept Cancel Help Discussion Judgement

Gambar 4.13 Penilaian Parameter *Sprinkler*

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE SPRINKLER PARAMETER (4)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available score on a typical work sheet.

Enter the desired score: 0.

Enter the reason for score selection: karena tidak terdapat sprinkler di koridor maupun di ruangan

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.14 Penilaian Parameter *Sprinkler*

4.2.5. Sistem Alarm Kebakaran (*Fire Alarm System*)

Gedung Rumah Sakit XYZ dilengkapi dengan *Master Control Fire Alarm* (MCFA) dengan tipe NO:FE-104190 yang bersifat konvensional.



Gambar 4.15 Alarm sistem

Alarm sistem pada Gedung Rumah Sakit XYZ tidak terhubung secara langsung kepada Dinas Pemadam Kebakaran atau Pos Pemadam Kebakaran setempat. Penentuan nilai parameter sistem alarm kebakaran selanjutnya dipengaruhi oleh kapasitas jalan keluar, kapasitas jalan keluar dipengaruhi oleh jumlah lantai yang ada di atas jalur pelepasan (*discharge*) penghuni lewat jalur evakuasi dan beban penghuni gedung. Gedung Rumah Sakit XYZ memiliki beban penghuni rata-rata sebanyak 600 orang untuk keseluruhan gedung. Informasi tersebut dimasukkan kedalam CFSES sehingga penilaian pada parameter sistem alarm kebakaran menghasilkan nilai 0.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

5. FIRE ALARM SYSTEM PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER				
5. Fire Alarm System	None	Without Fire Department Notification		With fire Department Notification	
		Without Voice Communication	With Voice Communication	Without Voice Communication	With Voice Communication
	0(-2)	0	2	2(1)	4

FIRE ALARM SYSTEM

This parameter addresses the manual and/or automatic fire alarm system. It considers both the presence or absence of a fire alarm system for notifying building occupants and whether or not the activation of the fire alarm system (by manual or automatic means) will call the fire department. The parameter gives special credit to systems that include voice communication and alarms.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.16 Penilaian Parameter *Fire Alarm System*

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

JUDGEMENT SCORE FOR THE FIRE ALARM SYSTEM PARAMETER (5)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score: 0.

Enter the reason for score selection: MCFA di rumah sakit XYZ apabila terjadi kebakaran tidak terhubung langsung ke pemadam kebakaran

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.17 Penilaian Parameter *Fire Alarm System*

4.2.6. Deteksi Asap (*Smoke Detection*)

Gedung Rumah Sakit XYZ tidak memiliki sistem deteksi asap ,maka penilaian parameter pendeteksi asap di CFSES mendapatkan nilai 0.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADLPRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

6. SMOKE DETECTION PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS			
6. Smoke Detection	None	Corridor	Rooms	Total Building (Zone)
	0	1	2	4

SMOKE DETECTION

This parameter addresses the extent of automatic smoke detection coverage in the building. The smoke detectors can alert occupants to the potential danger of fire before the situation become serious.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.18 Penilaian Parameter *Smoke Detecion*

The screenshot shows a Windows application window titled "CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADLPRJ". The menu bar includes "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main window has a teal background with the title "COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES" and subtitle "JUDGEMENT SCORE FOR THE SMOKE DETECTION PARAMETER".

A text box explains: "This screen allows one to enter any score value between the range of values for the particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet."

Below this, there are two input fields:

- "Enter the desired score:" with a text box containing "0."
- "Enter reason for score selection:" with a text box containing "tidak terdapat SMOKE DETECTOR di rumah sakit XYZ"

At the bottom, there are four buttons arranged in a 2x2 grid:

- Accept**: ENTER JUDGEMENT DATA
- Clear**: REMOVES JUDGEMENT DATA
- Cancel**: MAKES NO CHANGES
- Help**: BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.19 Penilaian Parameter *Smoke Detecion*

4.2.7 Bahan Properti (*Interior Finish*)

Interior finish merupakan benda yang menutupi permukaan bangunan. Penilaian pada parameter ini yaitu melihat keberadaan bahan mudah terbakar pada jalur keluar dan di dalam ruangan serta keberadaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Bahan properti (*Interior finish*) pada gedung Rumah Sakit XYZ seperti pada koridor dan jalur evakuasi Rumah Sakit XYZ dinding menggunakan beton bertulang dan material batu bata yang diplester semen sebagai dinding, lalu lantai menggunakan keramik dan atapnya terbuat dari beton yang dilapisi *gypsum*. Material tersebut memiliki nilai penyebaran api sebesar 0-25, dan termasuk kategori kelas A. Sedangkan didalam ruangan terdapat bahan mudah terbakar seperti kursi, kasur, lemari, tirai dan sofa yang terbuat dari busa, kayu, kain. Material tersebut memiliki penyebaran api sebesar 76-200,

dan termasuk kategori kelas C. Namun di dalam gedung, keberadaan APAR sangat minim serta penempatannya yang tidak sesuai dengan standar.



Gambar 4.20 Keberadaan APAR

Gambar diatas diambil saat observasi terdapat branker pasien menutupi APAR, dan hanya terdapat dua unit APAR rawat inap untuk panjang bangunan 11,2 m (36,74 *feet*), dan lebar bangunan 25,8 m (84,64 *feet*). Sehingga penilaian parameter *interior finish* mendapatkan 1 dari rentang nilai -3-2.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

7. INTERIOR FINISH (EXIT ROUTES, ROOMS, AND SUITES) PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS						
7. Interior Finish	Flame Spread Ratings						
	Exit Routes	>75 to <=200		>25 to <=75		<=25	
	Rooms/ Suites	>75 to <= 200	<=75	>75 to <=200	<=75	>25 to <=200	<=25
		-3	-1	0	1	1	2

INTERIOR FINISH

Interior finish is judged on the likelihood that the fire will spread and contribute to fire growth. It considers the finish in the exit routes separate from that in the rooms (or suites). The grading considers that the interior finish in the exit routes is more critical than that in the rooms. The individual flame spread ratings of the material involved determine the assigned charge.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.21 Penilaian Parameter *Interior Finish*

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

JUDGEMENT SCORE FOR THE INTERIOR FINISH PARAMETER (7)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score: 1.

Enter the reason for score selection: Judgement jalan keluar 0 sampai 25 (<=25) dan didalam ruangan 76 sampai 200 (>25 to <=200)

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.22 Penilaian Parameter *Interior finish*

4.2.8. Pengendali Asap (*Smoke Control*)

Gedung Rumah Sakit XYZ tidak memiliki sistem pengendalian asap secara pasif maupun aktif. Sistem pengendalian asap secara pasif yaitu dengan menggunakan door self closers pada setiap ruangan. Hal ini dapat membatasi penyebaran asap maupun api didalam gedung. Pengendalian asap secara aktif yaitu terdapat pressurefan pada tangga darurat. Pengendalian asap ini memegang peranan penting untuk memastikan jalur evakuasi aman dari asap akibat kebakaran serta meningkatkan waktu yang tersedia untuk proses evakuasi bagi penghuni gedung.

Safety Parameter	PARAMETER STATUS		
8. Smoke Control	None	Passive	Active
	0	3	3

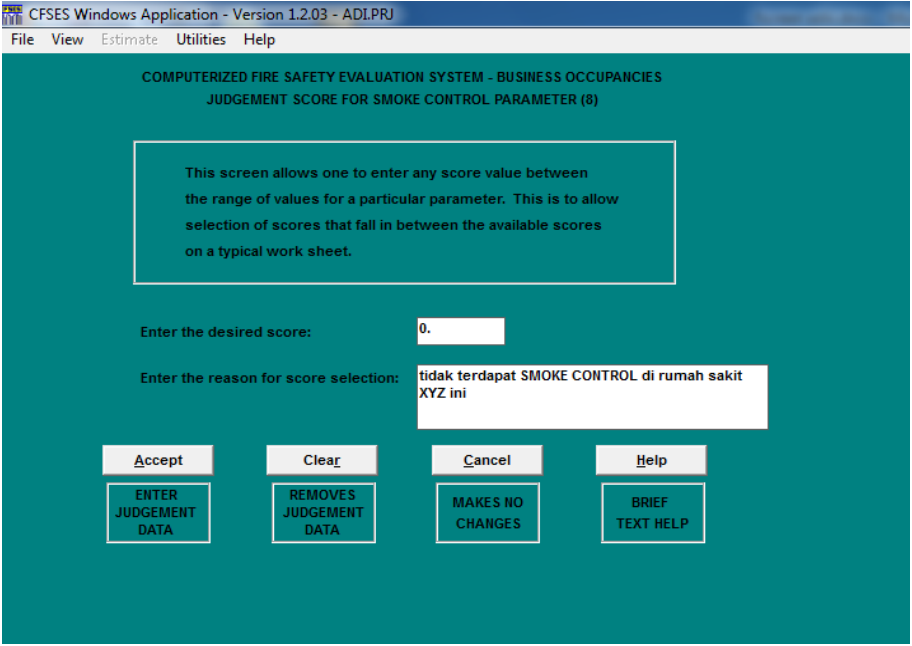
SMOKE CONTROL

This parameter considers the ability of the building arrangement and any specific pressurization systems to prevent the movement of smoke from one portion of a building to another. It separately evaluates passive systems based solely on doors and barriers and those that reinforce the doors and barriers with an active (air pressurization) system.

The design and installation of an active system involves significant engineering and acceptance testing. The credit for active smoke control should be given only in cases where an engineered and tested smoke control system is present.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.23 Penilaian Parameter *Smoke Control*



CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - ADI.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR SMOKE CONTROL PARAMETER (8)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score: 0.

Enter the reason for score selection: tidak terdapat SMOKE CONTROL di rumah sakit XYZ ini

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.24 Penilaian Parameter *Smoke Control*

4.2.9 Akses Keluar (*Exit Access*)

Penilaian pada akses keluar adalah melihat jarak yang harus ditempuh penghuni untuk mencapai tangga darurat. Pada gedung rumah sakit xyz akses keluar menuju tangga darurat banyak terdapat peta dan petunjuk arah evakuasi, tetapi gedung ini mempunyai jalan buntu yang dulunya berupa tangga untuk turun ke lantai satu tetapi sekarang di alih fungsikan sebagai gudang, tetapi dilantai satu ditutup dengan teralis besi, untuk dilantai dua tidak ditutup dengan pintu atau digembok, jadi sewaktu-waktu terjadi kebakaran dan menyebabkan pasien panik bisa saja pasien lari kearah gudang tersebut dan terjebak.



Gambar 4.25 jalan buntu

Akses keluar pada gedung Rumah Sakit XYZ dari titik terjauh sekitar 25,8 meter (84,64 *feet*) menuju tangga darurat.



Gambar 4.26 Koridor

Akses keluar menuju tangga darurat hanya dilengkapi petunjuk arah evakuasi dan peta jalan keluar disetiap ruangan. Lalu akses keluar menuju tangga darurat mempunyai lebar 1,5 meter(4,92 *feet*) dan terdapat speaker yang dapat berfungsi sebagai saran koordinasi dalam keadaan darurat agar penghuni gedung dapat melewati akses keluar terdekat menuju tangga darurat.



Gambar 4.27 Tanda *Exit* Dan Peta

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

9. EXIT ACCESS PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS					
9. Exit Access	Max. Dead Ends:		No Dead End > 50 ft and Travel Is:			
	>75 ft to <=100 ft	>50 <=75 ft	>200 ft	>100 ft <= 200 ft	>50 ft to <=100 ft	<=50 ft
	-2	-1	-1	0	1	3

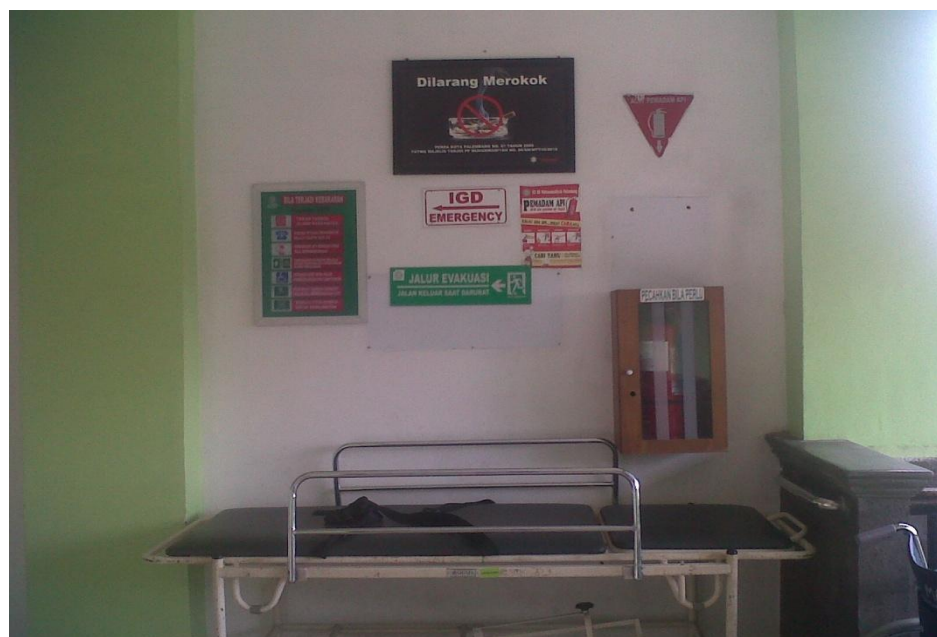
EXIT ACCESS

This parameter addresses the distance that persons evacuating the building in an emergency will have to travel to reach the safety of an exit and whether that route can be easily blocked by a single fire.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.28 Penilaian Parameter Exit Access

Hasil obesravasi lain ditemukan brangker pasien dan menutupi apar disudut koridor yang dekat dengan pintu darurat sehingga bisa menghambat proses evakuasi.



Gambar 4.29 jalur evakuasi ditutupi barang

Berdasarkan data tersebut penilaian akses keluar pada Gedung Rumah Sakit XYZ mendapatkan nilai -2 dari rentang nilai -2 sampai 3.

The screenshot shows a Windows application window titled "CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled". The menu bar includes "File", "View", "Estimate", "Utilities", and "Help". The main window has a teal background and contains the following text:

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE EXIT ACCESS PARAMETER (9)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score:

Enter the reason for score selection:

At the bottom, there are four buttons with labels below them:

- Accept**: ENTER JUDGEMENT DATA
- Clear**: REMOVES JUDGEMENT DATA
- Cancel**: MAKES NO CHANGES
- Help**: BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.30 Penilaian Parameter *Exit Access*

4.2.10 Jalur Evakuasi (*Exit System*)

Pada gedung Rumah Sakit XYZ terdapat jalur evakuasi yang berada pada sudut-sudut gedung. Keberadaan jalur evakuasi pada gedung Rumah Sakit XYZ tergolong aman.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

10. EXIT SYSTEM PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS				
10. Exit System	Single	Multiple Routes			
		Deficient	Not Deficient	Smokeproof Enclosures	Direct Exits
	-6(0)	-2	0	3	5

EXIT SYSTEM

This parameter evaluates the individual elements of the actual exit system. Consideration is given to the number of exit options and their quality. To evaluate a Building with a single direct exit, use the Direct Exits selection under the Multiple Exits category.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.31 Penilaian Parameter *Exit System*

Berdasarkan observasi tersebut, jalur evakuasi memiliki kekurangan seperti tidak ada penerangan darurat saat terjadi kebakaran. Sehingga parameter jalur evakuasi pada Gedung Rumah Sakit XYZ mendapatkan nilai 0 dari rentang penilaian -6 sampai dengan 5.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE EXIT SYSTEM PARAMETER (10)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score: 0.

Enter the reason for score selection: terdapat banyak peta petunjuk arah evakuasi di setiap ruangan untuk menuju tangga darurat tetapi tidak dilengkapi penerangan darurat

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.32 Penilaian Parameter *Exit System*

4.2.11 Kompartemenisasi (*Corridor/Room Separation*)

Gedung Rumah Sakit XYZ memiliki kompartemen untuk pembatas antar ruangan dengan material bahan kayu dan dilengkapi dengan door self closer,



Gambar 4.33 Kompartemenisasi Dalam Ruangan

penilaian pada parameter kompartemen didapatkan dari material antar ruangan dan akses keluar atau koridor. Semua pembatas antar ruangan dan koridor pada Gedung Rumah Sakit XYZ memiliki material yang sama yaitu menggunakan material kayu dan dilengkapi dengan dor self closer dengan.

Kayu merupakan material yang tidak tahan api namun tahan terhadap asap. Penyebaran asap pada koridor dapat mengurangi penglihatan sehingga proses evakuasi untuk menyelamatkan diri melalui akses keluar atau koridor memiliki beberapa waktu. Sehingga penilaian parameter ini kompartemen pada Gedung Rumah Sakit XYZ mendapatkan nilai 2.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - RS.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

11. CORRIDOR/ROOM SEPARATION (COMPARTMENTATION) PARAMETER

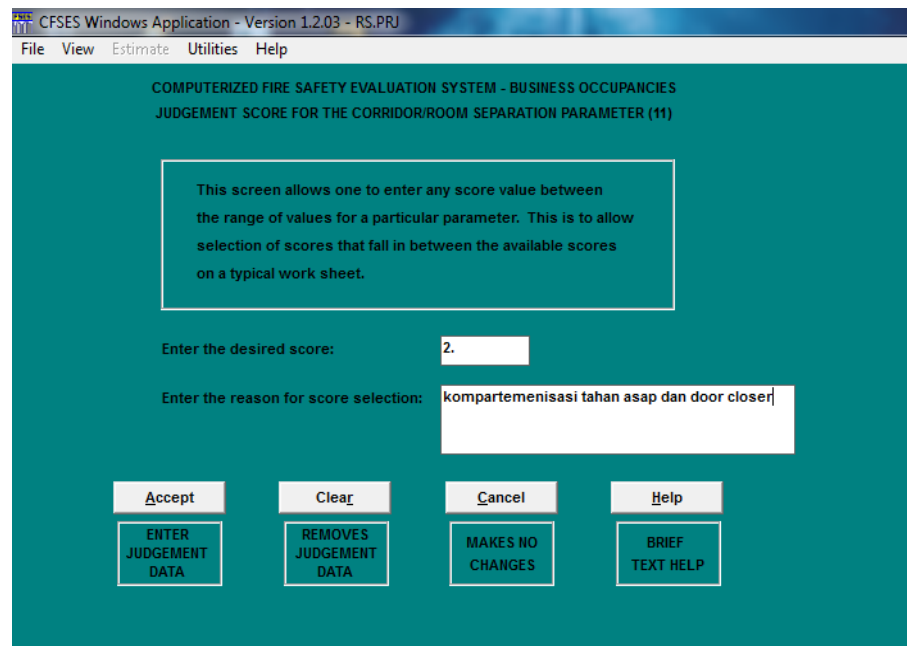
Safety Parameter	PARAMETER STATUS						
11. Corridor/room separation (compartmentation)	Separation exists and level of protection is:					No Separation	
	In-complete	Smoke resistive		>= 20 min			>=1 hr
		w/o door closer	w/ door closer	w/o door closer	w/ door closer		w/ door closer
		-6 to 0	0	2	1		2(3)

COMPARTMENTATION

This parameter addresses the separation of the actual occupant spaces from the exit corridor system. This measures both the protection of the corridor from fires in a room and the ability to confine the fire and/or smoke to that room.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.34 Penilaian Parameter Corridor



CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - RS.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
JUDGEMENT SCORE FOR THE CORRIDOR/ROOM SEPARATION PARAMETER (11)

This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.

Enter the desired score: 2.

Enter the reason for score selection: kompartemenisasi tahan asap dan door closer

Accept Clear Cancel Help

ENTER JUDGEMENT DATA REMOVES JUDGEMENT DATA MAKES NO CHANGES BRIEF TEXT HELP

Gambar 4.35 Penilaian Parameter

4.2.12 Program Tanggap Darurat (*Occupant Emergency Program*)

Pada Gedung Rumah Sakit XYZ melakukan pelatihan tanggap darurat yang bekerja sama dengan pihak Dinas Pemadam Kebakaran.

Gedung Rumah Sakit XYZ memiliki tim penanggulangan keadaan darurat, memiliki program pelatihan tanggap darurat secara periodik. Pengguna gedung dalam hal ini dianggap siap dalam menghadapi keadaan darurat.



Gambar 4.36 Petugas Emergency

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - RS.PRJ

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

12. OCCUPANCY EMERGENCY PROGRAM PARAMETER

Safety Parameter	PARAMETER STATUS		
12. Occupant Emergency Program	Number of Fire Drills Conducted per Year		
	0	1 to 2	over 2
	-2	1	1(2)

OCCUPANCY EMERGENCY PROGRAM

This parameter gives a measure to the emergency preparedness of the building occupants. It measures that preparedness in terms of the number of fire drills held each year.

Accept Cancel Help Judgement

Gambar 4.37 Penilaian Parameter *Occupancy Emergency*

Penilaian parameter program tanggap darurat mendapatkan nilai awal pada CFSES adalah 1, dari observasi yang didapat pada gedung Rumah Sakit XYZ tentang pelatihan tanggap darurat sudah memiliki tim penanggulangan keadaan darurat dan pelatihan tanggap darurat setiap 6 bulan sekali diadakan oleh petugas yang berwenang. Sehingga penilaian parameter ini mendapatkan nilai 1 dari rentang penilaian -3 sampai dengan 2.

The screenshot shows the 'CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled' window. The menu bar includes 'File', 'View', 'Estimate', 'Utilities', and 'Help'. The main title is 'COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES JUDGEMENT SCORE FOR THE OCCUPANT EMERGENCY PROGRAM PARAMETER (12)'. A text box explains: 'This screen allows one to enter any score value between the range of values for a particular parameter. This is to allow selection of scores that fall in between the available scores on a typical work sheet.' Below this, there are two input fields: 'Enter the desired score:' with the value '1.' and 'Enter the reason for score selection:' with the text 'pelatihan tanggap darurat dilakukan 6 bulan sekali'. At the bottom, there are four buttons: 'Accept' (ENTER JUDGEMENT DATA), 'Clear' (REMOVES JUDGEMENT DATA), 'Cancel' (MAKES NO CHANGES), and 'Help' (BRIEF TEXT HELP).

Gambar 4.38 Penilaian Parameter *Occupancy Emergency*

4.3. Hasil Evaluasi

Setelah melakukan penilaian terhadap 12 parameter yang terdiri dari parameter konstruksi, pemisah bahaya, bukaan vertikal, sprinkler, sistem alarm kebakaran, pendeteksi asap, interior finish, pengendali asap, akses keluar, jalur evakuasi, kompartemen, dan program tanggap darurat yang terdapat pada CFSES (*Computerized Fire Safety Evaluation System*). Maka didapatkan sebuah hasil evaluasi nilai keselamatan kebakaran di Gedung Rumah Sakit XYZ. Nilai evaluasi dari ke 12 parameter tersebut dikelompokkan menjadi tiga aspek, yaitu kontrol penyebaran api, sistem jalan keluar dan keselamatan kebakaran umum.

4.3.1. Kontrol Penyebaran Api

Aspek dari kontrol penyebaran api menilai parameter yang terdapat mempercepat atau memperlambat sebuah proses penyebaran api saat terjadi kebakaran. Aspek ini mencakup delapan dari dua belas parameter CFSES yaitu konstruksi, pemisahan bahaya, bukaan vertikal, sprinkler, alarm kebakaran, pendeteksi asap, interior finish dan kompartemen.

4.3.2. Keselamatan Kebakaran Umum

Aspek Keselamatan Kebakaran Umum menilai sistem kebakaran gedung secara keseluruhan. Aspek ini meliputi dua belas parameter CFSES, yaitu konstruksi, pemisahan bahaya, bukaan vertikal, sprinkler,

alarm kebakaran, pendeteksi asap, interior finish, sistem pengendalian asap, akses keluar, jalur evakuasi, kompartemen, dan program tanggap darurat.

4.3.3. Sistem Jalan Keluar

Aspek sistem jalan keluar menilai parameter yang mendukung sebuah proses evakuasi penghuni gedung apabila terjadi kebakaran. Tujuannya agar penghuni gedung dapat selamat ketika terjadi keadaan darurat sampai berada di titik kumpul atau ke area yang aman. Aspek ini meliputi sepuluh dari dua belas parameter CFSES, yaitu pemisahan bahaya, bukaan vertikal, sprinkler, alarm kebakaran, pendeteksi asap, sistem pengendali asap, akses keluar, jalur evakuasi, kompartemen, dan program tanggap darurat.

Bisa dilihat digambar 4.41 dan gambar 4.42 nilai keselamatan kebakaran yang diperoleh gedung Rumah Sakit XYZ setelah melakukan penilaian parameter tersebut.

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

MAIN PARAMETER SCREEN

PARAMETERS

<input checked="" type="checkbox"/>	CONSTRUCTION	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	SEGREGATION OF HAZARDS	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	VERTICAL OPENINGS	JUDGEMENT SCORE: -2.
<input checked="" type="checkbox"/>	SPRINKLERS	None
<input checked="" type="checkbox"/>	FIRE ALARM SYSTEM	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	SMOKE DETECTION	None
<input checked="" type="checkbox"/>	INTERIOR FINISH	JUDGEMENT SCORE: 1.
<input checked="" type="checkbox"/>	SMOKE CONTROL	None
<input checked="" type="checkbox"/>	EXIT ACCESS	JUDGEMENT SCORE: -2.
<input checked="" type="checkbox"/>	EXIT SYSTEMS	JUDGEMENT SCORE: 0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	CORRIDOR/ROOM SEPARATION	JUDGEMENT SCORE: 2.
<input checked="" type="checkbox"/>	OCCUPANT EMERGENCY PROGRAM	JUDGEMENT SCORE: 1.

Next Screen

Back Screen

SCORE

0.5	-2.	0.
Egr.	L.S.	Gen.

MANDATORY REQUIREMENT

-4.	0.	-4.
Egr.	L.S.	Gen.

Help

Exit

Gambar 4.39 Hasil Penilaian Parameter 1

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES

INDIVIDUAL PARAMETER EVALUATION - WORKSHEET (BASE CASE)

PARAMETER	FIRE CONTROL	EGRESS	GENERAL
CONSTRUCTION	0.		0.
SEGREGATION	0.	0.	0.
V. OPENINGS	-2./2 = -1.	-2.	-2.
SPRINKLERS	0	0/2 = 0.	0
FIRE ALARM	0./2 = 0.	0.	0.
SMOKE DET.	0/2 = 0.	0	0
INT. FINISH	1./2 = 0.5		1.
SMOKE CONT.		0/2 = 0.	0
EXIT ACCESS		-2.	-2.
EXIT SYSTEM		0.	0.
CORRIDOR SEP.	2./2 = 1.	2./2 = 1.	2.
OCC. EMER. PR.		1.	1.
TOTAL	0.5	-2.	0.
REQUIRED	-4.	0.	-4.

Options

OPTION 1	Cost/Risk
OPTION 2	Cost/Risk
OPTION 3	Cost/Risk
OPTION 4	Cost/Risk
OPTION 5	Cost/Risk

Actions

Set Base Case	Refinements
Not Available	Not Evaluated
Base Case	Considerations
Not Available	Not Evaluated

Back Screen

Exit

Help

Gambar 4.40 Hasil Penilaian Parameter 2

Nilai keselamatan kebakaran yang diperoleh Gedung Rumah Sakit XYZ yaitu 0.5 dari persyaratan minimum -4 untuk kontrol penyebaran api, lalu untuk nilai sistem jalan keluar mendapatkan nilai -2 dari persyaratan minimum 0, dan untuk keselamatan kebakaran umum mendapatkan nilai 0 dari persyaratan minimum -4. Hal ini menunjukkan bahwa nilai keselamatan kebakaran minimum yang telah ditetapkan. Berikut perbandingan nilai yang diperoleh dengan nilai persyaratan keselamatan kebakaran minimum pada Gedung Rumah Sakit XYZ.

SCORE			MANDATORY REQUIREMENT		
0.5	-2.	0.	-4.	0.	-4.
Egr.	L.S.	Gen.	Egr.	L.S.	Gen.

Gambar 4.41 nilai hasil evaluasi CFSES

Keterangan:

Egrs : Kontrol penyebaran api

Ls : Sistem jalan keluar

Gen : Keselamatan kebakaran umum

4.4 Utilities

Pada aplikasi CFSES terdapat menu utilities yang digunakan untuk membantu menghitung kebutuhan gedung yang dapat membantu perkiraan berbagai kejadian kebakaran dan perhitungan ini tidak terkait dengan kedua belas parameter penilaian.

4.4.1. Egress calculation

Egress calculation menghitung jarak waktu yang dibutuhkan oleh sekelompok penghuni gedung untuk keluar dari gedung apabila terjadi kebakaran. Jalur yang harus digunakan yaitu melalui pintu darurat, tangga darurat, dan koridor apabila terjadi kebakaran lift tidak bisa digunakan untuk jalur keluar.

Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM FOR BUSINESS OCCUPANCIES
A Windows® Application of NFPA 101A, CH 7, 1999 ed.

Egress Calculation

This procedure calculates the time needed for a person or group of people to exit an area. The egress movement may be vertical or horizontal and may include the use of doorways, stairs, ramps, and corridors. Elevator transportation is not considered.

Number of people (1 - 10000): 600 Distance over floor (0 - 6560 ft): 98.
Number of exit doors (1 - 1000): 5 Speed on level routes (0.33 - 39 ft/s): 1.4
Flow rate through exit leaf (0.3 - 12 persons/exit-s): 1.
☒ Disabled persons Slowest disabled person as percent of abled (1 - 100 %): 10.
☒ Stairs Number of stairways (1 - 20): 2 Vertical distance (0 - 1600 ft): 170.
Width of stairs (27 - 120 in): 79. ☒ Average width ☐ Total width
Height of riser (4 - 10 in): 4. Depth of tread (8 - 140 in): 8.
Stair flow rate (0.07 - 1 pers/ft of stair-s): 0.5 Speed down stairs (0.33 - 39 ft/s): 1.
Done Calculate Help

Egress Calculation Summary

Summary of Calculated Egress Times

Based on the information provided in the EGRESS CALCULATION ROUTINE window, the following egress times have been calculated for the building and the recommended score for the egress parameter is provided.

Unimpeded egress time (s): 2200.
Egress through exit doors (s): 120.
Egress through stairs (s): 110.
OK

Gambar 4.42 Egress Calculation

Berdasarkan perhitungan, perhitungan waktu keluar tanpa hambatan adalah sekitar 820 detik (13 menit 40 detik) dengan total penghuni sebanyak 600 orang. Waktu yang dibutuhkan melalui pintu keluar yaitu 120 detik (2 menit) dan waktu yang dibutuhkan melalui tangga 110 detik (1 menit 50 detik).

4.4.2. Ceiling Jet Temperature Calculation

Perhitungan ini digunakan untuk menghitung sebuah suhu *ceiling jet* yang terjadi dari titik tengah api. Karena terdapat beberapa bahan yang akan menyala dengan sendirinya ketika terkena sambaran *ceiling jet* yang sudah mencapai suhunya.

Ceiling Jet Temperature Calculation

This procedure calculates the ceiling jet temperature from the centerline of the fire. This temperature may be used to estimate the temperature rise of exposed objects at the ceiling level.

Ambient Temperature (°F):	79.	-40 - 3200 °F
Fire Heat Release Rate (Btu/s):	2900.	0 - 57000 Btu/s
Distance from Fuel to Ceiling (ft):	6.6	0.03 - 160 ft
Ceiling Area (ft²):	130.	0 - 2700000 ft²
Radial Distance from Fire Axis (ft):	18.	0.16 - 820 ft

☒ Open Fire
 ☐ Wall Fire
 ☐ Corner Fire

Done Calculate Help

Plume Ceiling Temperature Summary.

The ceiling plume temperature is 4.9e+002 °F.
 The time required for the ceiling jet to heat up due to gas layer formation is 11 seconds.

OK

Gambar 4.43 Ceiling Jet Temperature Calculation

Suhu ruangan 26 °C (78,8 °F) fire heat release rate 2900 btu/s untuk busa kasur dan jarak bahan bakar ke langit-langit adalah 2 m (6,56 feet)

Berdasarkan perhitungan, suhu pada *ceiling plume* mencapai 4,9e+002 °F atau 490°F (254,44°C) dan untuk membentuk layer sempurna yang mengelilingi *fire jet* membutuhkan waktu 11 detik.

4.5 Aplikasi Hasil Penelitian

Dari hasil evaluasi kedua belas parameter nilai keselamatan kebakaran dengan *Computerized Fire Safety Evaluation System* (CFSES), dapat terlihat parameter apa saja yang mendapat nilai rendah dan perlu perhatian dalam perbaikan. Sehingga aplikasi CFSES ini, dapat memudahkan pihak pengelola gedung untuk mengetahui seberapa besar nilai pemenuhan sistem proteksi dan keselamatan pada bahaya kebakaran yang ada pada gedung dari nilai standar yang seharusnya diterapkan, memudahkan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya penyempurnaan pemenuhan sistem proteksi dan keselamatan kebakaran serta meningkatkan kesadaran dan kewaspadaan terhadap kebakaran dan potensi kerugian yang akan timbul. CFSES ini merupakan implementasi nyata dari NFPA 101 *Life Safety Code*, dimana NFPA sendiri menjadi acuan Indonesia dalam membuat Standar Nasional Indonesia mengenai sistem proteksi kebakaran.

Dalam dunia pendidikan, CFSES ini dapat membantu menambah pengetahuan dan pengalaman lapangan secara langsung mengenai pengaplikasian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran yang ada pada gedung bertingkat dengan standar yang harus dipenuhi.

4.1 Tabel indikator 12 parameter CFSES

No	Parameter	Nilai	Alasan	Sesuai/tidak	Usulan
1	Konstruksi Gedung	0	Gedung Rumah Sakit XYZ menggunakan konstruksi tipe III (211), dinding terbuat dari batu	Tidak sesuai	Rumah Sakit XYZ harus memiliki konstruksi Tipe I (433), dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang

			bata, selain itu Rumah Sakit XYZ tidak memiliki pompa pemadam kebakaran dan hidran		penopang, lengkungan, lantai dan atap terbuat dari bahan yang tidak terbakar dan memiliki tingkat ketahanan api selama 2 jam
2	Pemisah bahaya	0	Rungan yang berpotensi terhadap bahaya kebakaran pada gedung Rumah Sakit XYZ sudah terpisah dari gedung.	Sesuai	Ruangan yang berpotensi bahaya seperti ruang panel, ruang genset harus dilengkapi sistem proteksi kebakaran,
3	Bukaan vertikal	-2	Bukaan vertikal pada Rumah Sakit XYZ seperti shaf kabel, shaf pipa, dan bukaan kosong tidak dilengkapi dengan fire damper atau fire stopping material, sehingga penyebaran api akan sangat cepat melalui bukaan	Tidak sesuai	Setiap bukaan vertikal harus ditutup dan dilindungi dengan bahan atau material yang tahan api. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran api dan asap melalui bukaan vertikal.

			vertikal.		
4	Sprinkler	0	Tidak terdapat sprinkler pada Rumah Sakit XYZ.	Tidak sesuai	Perlu memasang sprinkler pada Rumah Sakit XYZ karena 60% penghuni gedung orang disabilitas.
5	Sistem Alarm Kebakaran	0	Sistem Alarm Kebakaran pada Rumah Sakit XYZ tidak terhubung ke dinas pemadam kebakaran serta tidak ada pemberitahuan.	Tidak sesuai	Sistem Alarm Kebakaran harus terhubung ke dinas pemadam kebakaran serta adanya pemberitahuan kepada penghuni gedung.
6	Detektor Asap	0	Rumah Sakit XYZ tidak terdapat detektor asap.	Tidak sesuai	Perlu memasang detektor asap pada Rumah Sakit XYZ karena 60% penghuni gedung orang disabilitas
7	Bahan Properti	1	Bahan properti yang ada pada koridor dan jalur evakuasi memiliki nilai penyebaran api 0-25btu, sedangkan pada dalam ruangan memiliki nilai penyebaran api 25-200 btu.	Sesuai	

8	Pengendalian Asap	0	Tidak terdapat pengendali asap di Rumah Sakit XYZ karena hanya dua lantai dan keadaannya terbuka.	Sesuai	
9	Akses Keluar	-2	Terdapat jalan buntu sehingga ketika terjadi kebakaran menyebabkan pasien panik bisa saja pasien lari kearah jalan buntu tersebut dan terjebak.	Tidak sesuai	Sebaiknya pada gedung rumah sakit xyz tidak memiliki jalan buntu, sehingga penghuni gedung tidak terjebak bila terjadi kebakaran, selain itu akses keluar harus bersih dari tumpukan barang sehingga dapat menghambat proses evakuasi, Akses keluar menuju tangga darurat dilengkapi dengan pencahayaan darurat berupa <i>emergency lamp</i> yang dapat bertahan minimal 90 menit ketika listrik padam.
10	Jalur Evakuasi	0	Jalur evakuasi tidak memiliki penerangan darurat	Tidak sesuai	Jalur evakuasi harus memiliki penerangan darurat, bersih dari tumpukan barang sehingga tidak menghambat proses evakuasi
11	Kompartemenisasi	2	Pintu dilengkapi dengan doorcloser,	Sesuai	
12	Program Tanggap Darurat	1	Karena melakukan pelatihan tanggap	Sesuai	Semua karyawan rumah sakit harus ikut serta dalam pelatihan tanggap darurat.

			darurat yang bekerja sama dengan pihak dinas pemadam kebakaran, dan memiliki tim penanggulangan deadaan darurat.		
--	--	--	--	--	--

Berdasarkan tabel 4.2 Terdapat 4 variabel yang sesuai, dan 7 variabel yang tidak sesuai.

4.6 Rekomendasi Perbaikan

4.6.1 Variabel Konstruksi Gedung Rumah Sakit XYZ

Rumah Sakit XYZ harus memiliki Konstruksi Tipe I, konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar. Pada konstruksi tipe I terdapat dua jenis subklasifikasi yaitu tipe 443 dan tipe 332. Hal mendasar yang membedakan kedua tipe ini adalah spesifikasi tingkat ketahanan api pada kerangka struktural bangunan. Salah satu perbedaan elemen struktur yang berbeda tingkat ketahanan api adalah konstruksi atap, untuk tipe 443 memiliki ketahanan api selama 2 jam, sedangkan untuk tipe 332 selama 1 ½ jam. Bangunan dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga tipe ini merupakan konstruksi terbaik

untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api. dan memasang pompa pemadam kebakaran an hidran.

4.6.2 Variabel Segregasi Bahaya Gedung Rumah Sakit XYZ

Ruangan yang berpotensi terhadap bahaya kebakaran pada gedung rumah sakit XYZ seperti ruang genset, ruang panel, sudah dialokasikan terpisah dari jalur keluar. Segregasi bahaya di gedung rumah sakit XYZ termasuk memiliki *single deficiency*, yaitu hanya memiliki kekurangan tunggal dan jauh dari jalan keluar,



Gambar 4.44 Kondisi Kabel Di Ruang Panel

Rekomendasi yang diberikan adalah

1. Perlu pemasangan sistem deteksi (detektor panas, detektor asap), alarm kebakaran dan sistem pengawasan seperti CCTV pada ruang genset dan ruang panel.
2. Pemasangan *sprinkler* pada ruang panel dan ruang genset.
3. pengaturan kabel di setiap ruang panel untuk mencegah kebakaran. Selain itu, ruang panel sebaiknya diberi sistem proteksi berupa pintu tahan api, sehingga apabila sumber kebakaran berasal dari ruang panel tidak akan menyebar ke bagian gedung yang lain.
4. Memasang kabel tray.

4.6.3 Variabel Buka-an Vertikal Gedung Rumah Sakit XYZ

Setiap bukaan vertikal antara lantai bangunan harus tertutup dan dilindungi dengan bahan/material yang tahan api. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran api dan asap melalui bukaan vertikal dari lantai ke lantai sehingga penghuni mempunyai waktu untuk menggunakan sarana jalan keluar ketika terjadi kebakaran (NFPA 101, 2012). Pencegahan sebaran api dan asap yang melalui bukaan vertikal adalah dengan melengkapi bukaan vertikal dengan *fire stopping*. *Fire stopping* ini harus dipasang pada salah satu atau kedua sisi bukaan vertikal misalnya saja pada shaft kabel, pipa, atau sambungan konstruksi (*joint*). Selain menggunakan *fire stopping material* yang memiliki tingkat ketahanan api selama 1 jam, bukaan vertikal juga dapat dilengkapi dengan *fire damper* yang merupakan suatu perangkat bagian dari ventilasi udara dalam kondisi normal melalui saluran, dinding atau partisi dimana dapat menutup secara otomatis untuk mencegah perjalanan/penyebaran api selama jangka waktu yang ditentukan jika terjadi kebakaran (ASFP, 2005).



Gambar 4.45 Fire Stop Material

4.6.4 Variabel *Sprinkler* Gedung Rumah Sakit XYZ

Sprinkler berfungsi untuk memadamkan api pada tahap awal kebakaran sehingga api tidak membesar dan menyebar dan kemampuan *sprinkler* ini dipengaruhi oleh kondisi ventilasi suatu gedung. Ada tiga bagian penting dalam sistem *sprinkler*, yaitu ketersediaan air, kondisi pipa, dan kepala *sprinkler*. Rumah sakit xyz ini belum dilengkapi dengan *sprinkler* karena terdiri dari dua lantai.

Rekomendasi perbaikan sebaiknya rumah sakit xyz ini memasang *sprinkler* karena penghuni rumah sakit xyz ini kebanyakan orang berkebutuhan khusus (disable).

4.6.5 Variabel Sistem Alarm Kebakaran Gedung Rumah Sakit XYZ

Gedung rumah sakit XYZ menggunakan alarm yang bersifat *semiaddressable* dan tidak terhubung langsung ke dinas pemadam kebakaran

Rekomendasi perbaikan gedung Rumah sakit xyz seharusnya mengintegrasikan sistem alarm kebakaran dengan pos pemadam kebakaran, Sinyal audio sebaiknya bukan berupa sirine saja, namun merupakan suatu sistem yang mengeluarkan suara berupa instruksi, yang biasa disebut *Emergency Voice Communications* (EVC). Sistem ini terbukti efektif untuk mencegah bertambahnya korban pada saat terjadi kebakaran (Furness & Muckett, 2007).

4.6.6 Variabel Pendeteksi Asap Gedung Rumah Sakit XYZ

Pendeteksi asap pada gedung rumah sakit xyz hanya terdapat di ruang kepegawaian atau kantor tidak semua ruangan dipasang pendeteksi asap.

Rekomendasi perbaikan seharusnya rumah sakit xyz memasang pendeteksi asap ke seluruh ruangan tidak hanya diruangan kantor saja, sebab ruang kantor penghuninya bukan orang berkebutuhan khusus atau nondisable.

4.6.7 Variabel Jalur Evakuasi Gedung Rumah Sakit XYZ

Jalur evakuasi harus memiliki penerangan darurat. bersih dari tumpukan barang sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

4.6.8 Variabel Akses Keluar Gedung Rumah Sakit XYZ

Rekomendasi perbaikan Sebaiknya tidak terdapat jalan buntu di setiap gedung, sehingga penghuni gedung tidak terjebak bila terjadi kebakaran. Selain

itu, jarak dari tempat kerja ke pintu darurat terdekat tidak melebihi 200 ft (NFPA 101). Menambah pintu keluar atau tangga darurat pada gedung RAWAT INAP sebab kondisi gedung tersebut sangat berbahaya karena hanya mempunyai satu pintu keluar diujung koridor dan dua unit APAR dengan luas bangunan 288, 96 M atau 948.0315*Feet*

4.7 Perubahan Nilai Setelah Perbaikan

Pemberian rekomendasi perbaikan bertujuan untuk meningkatkan proteksi dan keamanan gedung jika terjadi kebakaran. Terdapat beberapa perbaikan pada parameter yang memiliki dampak yang cukup besar jika dipenuhi, perbaikan tersebut akan mempengaruhi nilai parameter keselamatan pada aplikasi CFSES.

Jika keempat rekomendasi perbaikan tersebut dilakukan, terjadi perubahan nilai pada hasil evaluasi CFSES. Perbandingan hasil evaluasi awal dan setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada gambar berikut:

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
INDIVIDUAL PARAMETER EVALUATION - WORKSHEET (BASE CASE)

PARAMETER	FIRE CONTROL	EGRESS	GENERAL
CONSTRUCTION	0.		0.
SEGREGATION	0.	0.	0.
V. OPENINGS	-2./2 = -1.	-2.	-2.
SPRINKLERS	0	0/2 = 0.	0
FIRE ALARM	0./2 = 0.	0.	0.
SMOKE DET.	0/2 = 0.	0	0
INT. FINISH	1./2 = 0.5		1.
SMOKE CONT.		0/2 = 0.	0
EXIT ACCESS		-2.	-2.
EXIT SYSTEM		0.	0.
CORRIDOR SEP.	2./2 = 1.	2./2 = 1.	2.
OCC. EMER. PR.		1.	1.
TOTAL	0.5	-2.	0.
REQUIRED	-4.	0.	-4.

Options

OPTION 1 Cost/Risk

OPTION 2 Cost/Risk

OPTION 3 Cost/Risk

OPTION 4 Cost/Risk

OPTION 5 Cost/Risk

Actions

Set Base Case Not Available Refinements Not Evaluated

Base Case Not Available Considerations Not Evaluated

Back Screen Exit Help

Gambar 4.46 Evaluasi Nilai Parameter Awal

CFSES Windows Application - Version 1.2.03 - Untitled

File View Estimate Utilities Help

COMPUTERIZED FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM - BUSINESS OCCUPANCIES
INDIVIDUAL PARAMETER EVALUATION - WORKSHEET (BASE CASE)

PARAMETER	FIRE CONTROL	EGRESS	GENERAL
CONSTRUCTION	2.		2.
SEGREGATION	0.	0.	0.
V. OPENINGS	0./2 = 0.	0.	0.
SPRINKLERS	10.	10./2 = 5.	10.
FIRE ALARM	4./2 = 2.	4.	4.
SMOKE DET.	4./2 = 2.	4.	4.
INT. FINISH	1./2 = 0.5		1.
SMOKE CONT.		0./2 = 0.	0.
EXIT ACCESS		1.	1.
EXIT SYSTEM		0.	0.
CORRIDOR SEP.	2./2 = 1.	2./2 = 1.	2.
OCC. EMER. PR.		1.	1.
TOTAL	17.5	16.	25.
REQUIRED	-4.	0.	-4.

Options

OPTION 1 Cost/Risk

OPTION 2 Cost/Risk

OPTION 3 Cost/Risk

OPTION 4 Cost/Risk

OPTION 5 Cost/Risk

Actions

Set Base Case Not Set Refinements None Available

Base Case Not Available Considerations Not Evaluated

Back Screen Exit Help

Gambar 4.47 Evaluasi Nilai Parameter Setelah Perbaikan

Pada gambar 4.47 dapat dilihat adanya kenaikan nilai yang dihasilkan dari pemenuhan perbaikan 5 parameter. Variabel kontrol penyebaran api (*fire control*) mendapat nilai 17,5 dari nilai awal yaitu 0,5 dengan syarat minimum yaitu -4, variabel sistem jalan keluar (*egress*) mendapat nilai 16 dari nilai awal -2 dengan syarat minimum yaitu 0 dan variabel keselamatan kebakaran umum mendapat nilai 25 dari nilai awal 0 dengan syarat minimum yaitu -4. Kenaikan nilai tersebut melebihi nilai keselamatan minimum yang disyaratkan, sehingga jika rekomendasi perbaikan dapat dilakukan maka gedung Rumah Sakit XYZ sudah memenuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan oleh NFPA 101 dan NFPA 101A.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Gedung Rumah Sakit XYZ merupakan gedung yang tidak aman karena belum memenuhi persyaratan minimum pada NFPA 101: *Life Safety Code*. Terdapat 5 variabel yang sesuai, dan 7 variabel yang tidak sesuai.

Variabel yang sesuai dan tidak sesuai adalah :

- a. Kontruksi

Kontruksi gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena bangunan gedung Rumah Sakit XYZ memiliki konstruksi tipe III (211) karena konstruksi dinding terbuat dari bata. Selain itu, Rumah Sakit XYZ tidak memiliki pompa pemadam kebakaran dan tidak dilengkapi hidran.

- b. Pemisah Bahaya

Pemisah bahaya gedung Rumah Sakit XYZ sesuai, karena ruangan yang berpotensi terhadap bahaya kebakaran pada gedung Rumah Sakit XYZ seperti ruang genset, ruang panel, sudah dialokasikan terpisah dari jalur keluar. Segregasi bahaya di gedung Rumah Sakit XYZ termasuk memiliki *single deficiency*, yaitu hanya memiliki kekurangan tunggal dan jauh dari jalan keluar, dan untuk proteksi kebakarannya hanya dilengkapi APAR tetapi tidak dilengkapi dengan *sprinkler*.

c. Bukaannya Vertikal

Bukaan vertikal di gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena bukaan vertikal di Rumah Sakit XYZ seperti shaf kabel dan shaf pipa dan bukaan kosong tidak dilengkapi dengan fire damper atau fire stoping material sehingga penyebarannya api akan sangat cepat melalui bukaan vertikal yang menghubungkan lantai satu ke lantai dua.

d. Sprinkler

Sprinkler di Gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena gedung Rumah Sakit XYZ tidak dilengkapi dengan sprinkler.

e. Sistem Alarm Kebakaran

Sistem alarm kebakaran di gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena tidak terhubung ke dinas pemadam kebakaran.

f. Detektor Asap

Detektor asap di gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena gedung rumah sakit xyz tidak dilengkapi detektor asap.

g. Bahan Properti

Bahan properti di gedung Rumah Sakit XYZ sesuai, karena bahan properti yang ada pada koridor dan jalur evakuasi memiliki nilai penyebaran api sebesar 0-25 btu sedangkan 25-200 btu untuk didalam ruangan.

h. Pengendalian Asap

Pengendalian asap di gedung Rumah Sakit XYZ sesuai, karena hanya memiliki dua lantai dan keadaannya terbuka.

i. Akses Keluar

Akseskeluar di gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena akses keluar pada gedung Rumah Sakit XYZ Terdapat jalan buntu sehingga ketika terjadi kebakaran menyebabkan pasien panik bisa saja pasien lari kearah jalan buntu tersebut dan terjebak..

j. Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi di gedung Rumah Sakit XYZ tidak sesuai, karena tidak memiliki penerangan darurat.

k. Kompartemenisasi

Kompartemenisasi di gedung Rumah Sakit XYZ sesuai, karena pintu dilengkapi door closer.

l. Program Tanggap Darurat

Program tanggap darurat di gedung Rumah Sakit XYZ sesuai, karena Pada gedung Rumah Sakit XYZ melakukan pelatihan tanggap darurat yang bekerja sama dengan pihak Dinas Pemadam Kebakaran. gedung Rumah Sakit XYZ memiliki tim penanggulangan keadaan darurat, memiliki program pelatihan tanggap darurat secara periodik. Pengguna gedung dalam hal ini dianggap siap dalam menghadapi keadaan darurat.

2. Usulan pemenuhan ketidak sesuaian sistem proteksi dan keselamatan kebakaran gedung Rumah Sakit XYZ dengan standar NFPA 101

a. Kontruksi

Rumah Sakit XYZ harus memiliki Konstruksi Tipe I, konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar. Pada konstruksi tipe I terdapat dua jenis subklasifikasi yaitu tipe 443 dan tipe 332. Hal mendasar yang membedakan kedua tipe ini adalah spesifikasi tingkat ketahanan api pada kerangka struktural bangunan. Salah satu perbedaan elemen struktur yang berbeda tingkat ketahanan api adalah konstruksi atap, untuk tipe 443 memiliki ketahanan api selama 2 jam, sedangkan untuk tipe 332 selama 1 ½ jam. Bangunan dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga tipe ini merupakan konstruksi terbaik untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api. dan memasang pompa pemadam kebakaran an hidran

b. Bukaan Vertikal

Setiap bukaan vertikal antara lantai bangunan harus tertutup dan dilindungi dengan bahan/material yang tahan api. Hal tersebut

dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran api dan asap melalui bukaan vertikal dari lantai ke lantai sehingga penghuni mempunyai waktu untuk menggunakan sarana jalan keluar ketika terjadi kebakaran (NFPA 101, 2012). Pencegahan sebaran api dan asap yang melalui bukaan vertikal adalah dengan melengkapi bukaan vertikal dengan *fire stopping*. *Fire stopping* ini harus dipasang pada salah satu atau kedua sisi bukaan vertikal misalnya saja pada shaft kabel, pipa, atau sambungan konstruksi (*joint*). Selain menggunakan *fire stopping material* yang memiliki tingkat ketahanan api selama 1 jam, bukaan vertikal juga dapat dilengkapi dengan *fire damper* yang merupakan suatu perangkat bagian dari ventilasi udara dalam kondisi normal melalui saluran, dinding atau partisi dimana dapat menutup secara otomatis untuk mencegah perjalanan/penyebaran api selama jangka waktu yang ditentukan jika terjadi kebakaran (ASFP, 2005).

c. *Sprinkler*

Memasang *sprinkler* pada setiap ruangan karena penghuni ruangan termasuk orang *disable*.

d. Sistem Alarm Kebakaran

Menghubungkan sistem alarm kebakaran Rumah Sakit XYZ ke dinas pemadam kebakaran terdekat.

e. Detektor Asap

Memasang detektor asap karena penghuni termasuk orang *disable*.

f. Akses Keluar

Sebaiknya pada gedung rumah sakit xyz tidak memiliki jalan buntu, sehingga penghuni gedung tidak terjebak bila terjadi kebakaran, selain itu akses keluar harus bersih dari tumpukan barang sehingga dapat menghambat proses evakuasi, Akses keluar menuju tangga darurat dilengkapi dengan pencahayaan darurat berupa *emergency lamp* yang dapat bertahan minimal 90 menit ketika listrik padam.

g. Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi harus memiliki penerangan darurat. bersih dari tumpukan barang sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

5.2 Saran

1. Melengkapi dan memperbaiki sistem proteksi kebakaran misalnya saja melengkapi gedung Rumah Sakit XYZ dengan sistem proteksi kebakaran seperti *sprinkler*, pendeteksi asap, dan sistem alarm kebakaran terhubung dengan dinas pemadam kebakaran. melakukan perbaikan sistem dan perawatan secara berkala pada system proteksi kebakaran.
2. Memasang sistem proteksi dan keselamatan kebakaran dan cctv pada ruang genset, ruang panel.
3. Melengkapi gedung Rumah Sakit XYZ dengan pompa pemadam kebakaran yang sesuai dengan standar agar dapat berfungsi dengan baik serta melakukan perawatan secara rutin dan menyediakan hidran taman (halaman) setiap 50 m.
4. Menyediakan ruangan khusus untuk panel listrik di gedung Rumah Sakit XYZ yang dilengkapi dengan sistem proteksi, dan merapikan kabel yang ada di gedung rumah sakit xyz dengan menggunakan kabel *tray*.
5. Memasang *fire stopping material* yang mempunyai tingkat ketahanan api dan asap misalnya saja menutup shaft kabel dan pipa dengan memberikan corbeton yang dilengkapi dengan *fire coating* dimana bahan tersebut memiliki ketahanan selama 2 jam sehingga dapat mencegah penyebaran api.
6. Untuk ruangan rawat inap pada gedung x perlu ditambah atau dibuatkan satu tangga darurat karena titik terjauh ke pintu darurat lebih dari 24 m.
7. Pada gedung Rumah Sakit XYZ menyediakan ruangan khusus untuk meletakkan tumpukan barang-barang yang terletak di jalur keluar ataupun di

ruangan. Selain itu, menyimpan bahan-bahan kimia yang terdapat di setiap laboratorium pada tempat penyimpanan khusus yang tahan api.

8. Memperhatikan keadaan akses keluar pada gedung Rumah Sakit XYZ dengan memperbaiki *house keeping* gedung untuk menyediakan gudang yang memadai sehingga tidak terdapat barang-barang yang menumpuk pada akses keluar, jalur evakuasi, ataupun area yang berpotensi menimbulkan kebakaran.
9. Melengkapikoridor/kompartemen di gedung Rumah Sakit XYZ dengan *door closer*.
10. Pengelola gedung harus menyediakan APAR di setiap gedung yang disesuaikan dengan ketentuan.
11. Ruang laboratorium pada gedung Rumah Sakit XYZ harus mendapat perhatian lebih dalam hal penyimpanan, pemberian label peringatan, tanda mengenai indentifikasi bahaya (MSDS), dan diberi tanggal ketika pertama kali dibuka bahan kimia terutama pada *flammable liquid* untuk memfasilitasi pengendalian bahaya yang ditimbulkan dari bahan tersebut. Selain itu juga melengkapi laboratorium dengan APAR yang jenis media pemadamnya disesuaikan dengan isi laboratorium.
12. Seluruh karyawan rumah sakit harus ikut serta dalam pelatihan tanggap darurat.

DAFTAR PUSTAKA

ASFP. (2005). *Ensuring Best Practice fo Passive Fire Protection in Buildings. Association for Specialist Fire Protection.*

Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-1746-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan ke Luar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan, dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.

Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. (2014). Pengawasan K3 Terhadap Penanggulangan Kebakaran.

Dinas Pemadam Kebakaran Yogyakarta (2013). Alat Proteksi Kebakaran pada Bangunan. 25 Mei 2014. [http://www.psdm.uad.ac.id/wp-content/uploads/2013/04/Materi Pelatihan Pemadam Kebakaran Alatt Proteksi Pada Bangunan.pptx](http://www.psdm.uad.ac.id/wp-content/uploads/2013/04/Materi_Pelatihan_Pemadam_Kebakaran_Alatt_Proteksi_Pada_Bangunan.pptx)

Furness, A. & Muckett, M. (2007). *Introduction to Fire Safety Management.*

Hughes Associates, Inc. (2000). *Computerized Fire Safety Evaluation System For Business Occupancies Software. Baltimore, MD: Commerce Drive.*

International Code Council. (2012). *International Building Code. USA.*

Introduction to Fire Safety Management. Burlington, MA: Elsevier Ltd.

Karter, M.J., Jr. (2013). *Fire Loss in the United States During 2012*. 24 Februari 2014. <http://www.nfpa.org>

Kementerian Negara Pekerjaan Umum. (2000). Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum Nomor: 10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26 Tahun 2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.

Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. (1980). Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-04/MEN/1980 tentang Syarat-syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan.

Kementerian Tenaga Kerja RI. (1999). Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI No. Kep. 186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja.

NFPA 10. (2009). *Standard fo Portable Fire Extinguishers, Edition 2009. National Fire Protection Association. Quincy MA.*

NFPA 101. (2012). *Life Safety Code, Edition 2012. National Fire Protection Association. Quincy MA.*

NFPA 101A. (2013). *Guide on Alternative Approaches to Life Safety, Edition 2013*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

NFPA 13. (2009). *Standard fo The Installation of Sprinkler Systems, Edition 2009*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

NFPA 220. (2009). *Standard on Types of Building Construction*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

NFPA 45. (2004). *Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

NFPA 5000. (2006). *Building Construction and Safety Code, Edition 2006*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

NFPA 90A. (2002). *Standard for The Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems, Edition 2002*. National Fire Protection Association. Quincy MA.

Palm Beach County Fire Rescue. (2004). *Fire Pumps*. 10 Maret 2014. <http://www.pbcfr.org/>

Palm Beach County Fire Rescue. (2008). *Driver Operator Manual*. 10 Maret 2014. <http://www.pbcfr.org/>

Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per-04/MEN/1980 tentang syarat-syarat pemasangan dan pemeliharaan alat pemadam api ringan

Ramli, S., (2010). *Manajemen Kebakaran*. Jakarta: Dian Rakyat.

SHE Focus (2011). *Ringkasan Pengetahuan Dasar Kebakaran*. 25 Mei 2014. <http://www.shefocus.wordpress.com/2011/02/26/pengetahuan-kebakaran/>.

SNI 03-6574-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah, dan Sistem Peringatan Bahaya

Suprpto. (2007). Sistem Proteksi Kebakaran Pasif Kaitannya dengan Aspek Keselamatan Jiwa (Passive Fire Protection and Life Safety). Jurnal Permukiman, Vol.2, No.2. Pusat Litbang Permukiman.

Tang, Z., Vierendeels, J., Fang, Z., & Merci, B (2013a). *Experimental Study of The Downward Displacement of Fire-Induced Smoke by Water Spray*. *Fire Safety Journal*, 55, 35-49. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>

Tang, Z., Vierendeels, J., Fang, Z., & Merci, B (2013b). *Description and Application of an Analytical Model to Quantify Downward Smoke Displacement Caused by a Water Spray*. *Fire Safety Journal*, 55, 50-60. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>

Tavares, R.M. (2010). *Design for Horizontal Escape in Buildings; The Use of The Relative Distance Between Exits as an Alternative Approach to the Maximum Travel Distances*. *Safety Science*, 48, 1242-1247. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>

The Department of Financial Services. (2002). *Florida Fire Safety School Evaluation System*. The Department of Financial Services. Division of The State Fire Marshal.

Undang-Undang R.I No. 44 Tahun 2009, tentang “RumahSakit”

Undang-Undang R.I. No. 28 Tahun 2002, tentang “BangunanGedung”,

Yazdani, S. & Singh, A. (2013). NFPA Code Provisions and Fire Retardant Treated Wood. USA: New Development in Structural Engineering and Construction.

Zhang, J., Lu, S., Li, Q., Yuen, R.K.K., Chen, B., Yuan, M., & Li, C. (2012). *Smoke Filling in Closed Compartements with Elevated Fire Sources. Fire Safety Journal*, 54, 14-23. Diperoleh dari: <http://www.sciencedirect.com>

Lampiran 1

Fire Safety Evaluation Sheet NFPA 101A

FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM FOR BUSINESS OCCUPANCIES

101A-69

WORKSHEET 8.6.1 COVER SHEET

Fire Safety Evaluation Worksheet for Business Occupancies

Facility Identification _____

Evaluator _____ Date _____

Notes:

WORKSHEET 8.6.2 SAFETY PARAMETERS

Safety Parameters	Parameter Values						
1. Construction	Noncombustible			Combustible			
NFPA 220 Bldg. Constr. Types/Stories in Height	Type I (442) or (332) Type II(222)	Type II (111)	Type II (000)	Type III (211) (200)	Type IV (2HH)	Type V (111) (000)	
1-2 Stories	0	0	0	0 -1	0	0	-1
3 Stories	2	2	-6	0 -6	0	0	-12
4-5 Stories but ≤75 ft	2	2	-10	0 -12	0	-3	-12
>5 Stories but ≤75 ft	2	2	NV	0 NV	0	-6	NV
>75 ft but <150 ft	2	-1	NV	0 NV	0	NV	NV
≥150 ft	2	NV	NV	0 NV	0	NV	NV
2. Segregation of Hazards	Exposed Exit System		Segregation from Exit Routes		None or No Deficiencies		
	Double Def.	Single Def.	Double Def.	Single Def.			
	-7	-4	-4	0	0		
3. Vertical Openings ^a	Open (or incomplete enclosure)				Enclosed		
	Connects 5 or More Floors	4 Flrs.	3 Flrs.	2 Flrs.	<30 min	30 min to 1 hr	>1 hr [#]
	-10	-7	-4	-2	-1	0	1
4. Sprinklers	Corridors Only		All but Corridors and Lobbies		Total Building		
	None		Standard	Fast Resp.	Standard	Fast Resp.	
	0	0	4	6	10	12	
5. Fire Alarm	W/O F. D. Notification			W/ F. D. Notification			
	None	W/O Voice Commun.	W/ Voice Commun.	W/O Voice Commun.	W/ Voice Commun.		
	0 (-2) ^k	1(0) ^k (-1) ^p	2(0) ^p	2(1) ^k (-1) ^p	4(2) ^p		

(Worksheet 8.6.2 continues)

(For use with NFPA 101A-2013/NFPA 101-2012)

(p. 1 of 4)

FIGURE 8.6 Worksheets for Evaluating Fire Safety in Business Occupancies.



Lampiran 1

Fire Safety Evaluation Sheet NFPA 101A(Lanjutan)

101A-70

ALTERNATIVE APPROACHES TO LIFE SAFETY

Worksheet 8.6.2 Continued							
6. Smoke Detection	None		Corridor		Rooms		Total Bldg. (zone)
	0		1		2		4
7. Interior Finish	Flame-Spread Ratings ^b						
Exit Routes	>75 to ≤200		>25 to ≤75		≤25		
Rooms/Suites	>75 to ≤200	≤75	>75 to ≤200	≤75	>25 to ≤200	≤25	
	-3	-1	0	1	1	2	
8. Smoke Control	None		Passive		Active		
	0		3		4(3) ^j		
9. Exit Access	Max. Dead Ends			No Dead End >50 ft and Travel Is			
	>75 ft to ≤100 ft	>50 ft (20 ft) ^h to ≤75 ft	>200 ft ^c to <400 ft	>100 ft to 200 ft ^c	>50 ft to 100 ft	≤50 ft	
	-2 ^d	-1	-1	0	1	3	
10. Egress Route	Single		Multiple Routes			Direct Exits	
	Deficient		Not Deficient		Smokeproof Enclosures		
	-6(0) ⁱ		-2		0		3
11. Corridor/Room Separation (compartmentation)	Separation Exists and Level of Protection Is						No Separation, or Single Tenant, or Parameter 4 Value ≥10
	Smoke Resistive ^e		≥¼ hr ^e		≥1 hr ^e		
	Incomplete	W/O Door Closer	W/Door Closer	W/O Door Closer	W/Door Closer	W/Door Closer	
	-6 to 0 ^l	0	1(2) ^f	1	2(3) ^f	3(4) ^f	3
12. Occupant Emergency Program	Number of Fire Drills Conducted Per Year						
	0		1 to 2		>2		
	-2(-3) ^m		0(1) ⁿ		1(2) ⁿ		

NV – Where these conditions exist, this FSES does not evaluate overall safety. Other analysis techniques shall be permitted to be applied in accordance with the equivalency concept of Section 1.4 of NFPA 101, *Life Safety Code*.

^a Use 0 if building is one level.

^b In any sprinkler-protected spaces, consider flame-spread rating to be 25 or 75 if the interior finish material flame spread does not exceed 75 or 200, respectively.

^c Increase 200 to 300 if Parameter 4 is 10 or more.

^d Use 0 if Parameter 11 is -6.

^e Rate separation as ¼ hr (or use actual separation, if greater) if Parameter 4 is 10 or more. Rate separation as "smoke resistive" if Parameter 1 is based on construction Type II(000), III(200), or V(000) and Parameter 4 value < 10.

^f Use () if separation between rooms also meets criteria.

^g Use only if all vertical openings have more than 1-hr enclosure and meet the requirements of 7.1.3 and 38.3.1 or 39.3.1 (NFPA 101).

^h Use 50 ft for existing buildings and 20 ft for new construction.

ⁱ Use () for single exit in accordance with 38.2.4 and 39.2.4 (NFPA 101).

^j Use (3) if Parameter 4 value <10.

^k Use () for building that has:

(a) ≥2 stories above level of exit discharge, or

(b) Occupant load ≥50 (≥100 in existing buildings) above or below level of exit discharge, or

(c) Total occupant load ≥300 (≥1,000 in existing buildings).

^l See 8.5.11.1.1 for guidance.

^m Use () in buildings over 150 ft in height with no formal occupant emergency organization program.

ⁿ Use () in any building, regardless of height, with a formal occupant emergency organization program.

^p Use () for new high-rise buildings.

For SI units, 1 ft = 0.3048 m; 1 ft² = 0.092 m².

(For use with NFPA 101A-2013/NFPA 101-2012)

(p. 2 of 4)

FIGURE 8.6 Continued



2013 Edition

Lampiran 1

Fire Safety Evaluation Sheet NFPA 101A(Lanjutan)

FIRE SAFETY EVALUATION SYSTEM FOR BUSINESS OCCUPANCIES

101A-71

WORKSHEET 8.6.3 INDIVIDUAL SAFETY EVALUATION						
Safety Parameters	Fire Control (S ₁)		Egress Provided (S ₂)		General Fire Safety Provided (S ₃)	
1. Construction			X			
2. Segregation of Hazards						
3. Vertical Openings	+ 2 =					
4. Sprinklers			+ 2 =			
5. Fire Alarm	+ 2 =					
6. Smoke Detection	+ 2 =					
7. Interior Finish	+ 2 =		X			
8. Smoke Control	X		+ 2 =			
9. Exit Access	X					
10. Exit Systems	X					
11. Corridor/Room Separation	+ 2 =		+ 2 =			
12. Occupant Emergency Program	X					
Total	S₁ =		S₂ =		S₃ =	

WORKSHEET 8.6.4 MANDATORY SAFETY REQUIREMENTS						
Stories in Height	Control Requirement (S _a)		Egress Requirement (S _b)		General Fire Safety Requirement (S _c)	
	New	Existing	New	Existing	New	Existing
1-2 Stories	0.5	-1.0	1.5	0	2	-1
3 Stories	2.0	0	2.5	0	4	0
>3 Stories and ≤75 ft	4.5	2.0	3.5	0	7	2
>75 ft but <150 ft	10.5	7.5	9.5	5	12	6
≥150 ft	13.5	10.5	9.5	5	15	9

(For use with NFPA 101A-2013/NFPA 101-20012) (p. 3 of 4)

FIGURE 8.6 Continued

Lampiran 1

Fire Safety Evaluation Sheet NFPA 101A(Lanjutan)

101A-72

ALTERNATIVE APPROACHES TO LIFE SAFETY

WORKSHEET 8.6.5 EQUIVALENCY EVALUATION					Yes	No
Control Provided (S_1)	minus	Required Control (S_a)	\geq	0	$S_1 - S_a = \boxed{}$	
Egress Provided (S_2)	minus	Required Egress (S_b)	\geq	0	$S_2 - S_b = \boxed{}$	
General Fire Safety (S_3)	minus	Required Gen. Fire Safety (S_c)	\geq	0	$S_3 - S_c = \boxed{}$	

WORKSHEET 8.6.6 FACILITY FIRE SAFETY REQUIREMENTS WORKSHEET				
	Considerations	Met	Not Met	Not Applicable
A.	Building utilities conform to the requirements of Section 9.1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
B.	The air conditioning, heating, and ventilating systems conform to Section 9.2, except for enclosure of vertical openings, which have been considered in Safety Parameter 3 of Worksheet 8.6.2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C.	Elevator installations are made in accordance with the requirements of Section 9.4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D.	Rubbish chutes, incinerators, and laundry chutes are installed in accordance with Section 9.5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E.	Portable fire extinguishers are installed and maintained in accordance with the requirements of 38.3.5/39.3.5 and 9.7.4.1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
F.	Standpipes are provided in all new high-rise buildings as required by 38.4.2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

All references are to NFPA 101, *Life Safety Code*.

WORKSHEET 8.6.7 CONCLUSIONS	
1.	<input type="checkbox"/> All of the checks in Worksheet 8.6.5 are in the "Yes" column and all applicable considerations in Worksheet 8.6.6 are identified as "Met". The level of fire safety is at least equivalent to that prescribed by NFPA 101, <i>Life Safety Code</i> , for business occupancies.
2.	<input type="checkbox"/> All of the checks in Worksheet 8.6.5 are in the "Yes" column and all considerations identified in Worksheet 8.6.6 as "Not Met" have been evaluated and mitigated to the satisfaction of the AHJ. The level of fire safety is at least equivalent to that prescribed by NFPA 101, <i>Life Safety Code</i> , for business occupancies.
3.	<input type="checkbox"/> One or more of the checks in Worksheet 8.6.5 are in the "No" column or any consideration identified in Worksheet 8.6.6 as "Not Met" has NOT been evaluated and mitigated to the satisfaction of the AHJ. The level of fire safety is not shown by this system to be equivalent to that prescribed by NFPA 101, <i>Life Safety Code</i> , for business occupancies.

(For use with NFPA 101A-2013/NFPA 101-2012) (p. 4 of 4)

FIGURE 8.6 Continued



2013 Edition

Lampiran 2

Kebakaran Dan Jenis Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

KEBAKARAN		ALAT PEMADAM API RINGAN YANG HARUS DIPAKAI PADA ROLA KEBAKARAN							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GOLONGAN	BAHAN YANG TERBAKAR	AIR 9 liter	BUSA 9 liter	TETRACHLOOR ECOLSTOP CHLOORBROOM METHAAN Fiber	KARBON DIOSIDA	P - PK 12 kg	PG - 12kg	FM 12kg	B C F 6) HALC 1.4kg
A	BAHAN PADAT KECUALI LOGAM	1. Kebakaran pada permukaan bahan seperti: KAYU, KERTAS, TERSTIL, d.d.	(VV)	V	V	V Dikombinasikan Dengan air	(VV)	X	V
		2. Kebakaran sampai bagian dalam dan bahan seperti: KAYU, MAJUN, ARANG BATU d.b.	(VV)	V	X X X	X	(VV)	X	X
		3. Kebakaran dan BAHAN-BAHAN YANG JARANG TERDAPAT DAN BERHARGA yang benda di museum-museum, arsip-arsip, koleksi- koleksi d.b.	(VV) XX 6)	XX	XX X X 1)	V	(VV)	X	V
		4. Kebakaran dan bahan-bahan yang pada pemasangan pemasang merupakan seperti KARET BUSA, dan PLASTIK BUSA d.b.	V	X	X X X	X	(VV)	X	X
B	BAHAN CAIR DAN GAS	(1) Kebakaran dari Bensin, Bensol, Cat, Tu, Lak, Aesol, Gemek, Minyak dan sebagainya (Yang tidak dapat bercampur dengan air)	X X X 7)	V	V X X 1)	(VV)	(VV)	(VV)	X (VV)
		(2) Kebakaran dan Alkohol dan sebagainya yang dapat melarut dalam air (bercampur dalam air)	X	X	V X X 1)	(VV)	(VV)	(VV)	X (VV)
		(3) Gas yang mengalir	X	X	V X X 1)	V	(VV)	(VV)	X V
		(4) Bahan-bahan yang dengan air menimbulkan gas yang dapat terbakar seperti : KARBID, POSFIT d.b.	X X X	X X X	V X X 1)	V	(VV)	(VV)	X V
C	APARAT-APARAT LISTRIK (BERSAPINDING)	Pemil Penghantar, Pemil Penghubung, Sentral Telepon, Transformator d.b.	X X X	X X X	(VV) X X 1)	(VV)	V Tidak Untuk isolasi Hubungan	(VV) Tidak Untuk isolasi Hubungan	X (VV)
D	LOGAM	Magnesium, Natrium, Kalium, Aluminium	X X X	X X X	X X X	X	X X X	(VV)	X X X

Keterangan :



= Baik sekali



= Baik



= Dapat dipakai

X = Tidak dapat dipakai

XX = Merusak

X

XX = berbahaya

- 1) Jangan dipakai dalam ruangan kecil yang tertutup dalam masa benda orang
- 2) P dasar Natriumkarbonat
- 3) PK dasar gasin alkali
- 4) PG tepung pemadam
- 5) PM untuk kebakaran logam
- 6) Bagi barangnya sendiri mungkin merusak
- 7) Berbahaya kalau caranya menggunakan bahan yang mudah terbakar meluas.

B). Jenis Halon

Bromotrifluorometana
Bromoklorodifluorometana
Carbon Dioxide
Dibromodifluorometana
Chlorobromometana
Carbon Tetrachloride
Methyl bromide

Formula

BrF3/B.T.M
BrCl2/B.C.F
CO2
CBr2F2
CH2BrCl
CCl4
CH3Br

Halon No.

1301
1211
-
1302
1011
104
1021

Sumber: Permenakertrans RI No. Per-04/MEN/1980

Lampiran 3
Denah gedung

Lampiran 4
Lembar observasi

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
1	Konstruksi	Elemen struktur dari bangunan yang terdiri atas dinding, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap yang membentuk suatu bangunan	<p>-12 = jika gedung 3 lantai dan 4-5 lantai (tinggi ≤ 75ft) dengan konstruksi tipe V (000), Konstruksi tipe V adalah tipe dengan dinding luar (eksterior) diantaranya dinding penahan beban, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari kayu sehingga konstruksi ini mudah terbakar. Konstruksi tipe ini merupakan tipe konstruksi dengan kerangka kayu atau bahan mudah terbakar lainnya sehingga memiliki tingkat proteksi kebakaran rendah.</p> <p>= gedung 4-5 lantai (tinggi ≤ 75ft)</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
		gedung dan penilaian dilakukan dengan mempertimbangan tinggi gedung serta jumlah lantai (NFPA 220 dan CFSES).	<p>dengan konstruksi tipe III (200). Kontruksi tipe III (200) adalah Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, konstruksi ini tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai, ataupun atap.</p> <p>-10 = jika gedung 4-5 lantai (tinggi ≤ 75ft) dengan konstruksi tipe II (000). konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran, semua material strukturnya tidak tahan terhadap api.</p> <p>-6 = jika gedung 3 lantai (dengan konstruksi tipe II (000) konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran, semua material strukturnya tidak tahan terhadap api. dan Tipe III (200). Kontruksi tipe III (200) adalah</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, konstruksi ini tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai, ataupun atap.</p> <p>= Gedung >5 lantai (tinggi ≤ 75ft) dengan konstruksi tipe V (111) Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau pelapis <i>gypsum</i> pada dinding</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>eksterior, partisi, lantai, dan atap.</p> <p>-3 = jika gedung 4-5 lantai dan tinggi ≤ 75 ft dengan konstruksi tipe V (111) Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau pelapis <i>gypsum</i> pada dinding eksterior, partisi, lantai, dan atap.</p> <p>-1 = jika gedung 1-2 lantai dengan konstruksi tipe III (200) Kontruksi tipe III (200) adalah Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, konstruksi ini tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai, ataupun atap. dan Tipe V (000). Konstruksi tipe V adalah tipe dengan dinding luar (eksterior) diantaranya dinding penahan beban, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari kayu sehingga konstruksi ini mudah terbakar. Konstruksi tipe ini merupakan tipe konstruksi dengan kerangka kayu atau bahan mudah terbakar lainnya sehingga memiliki</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>tingkat proteksi kebakaran rendah.</p> <p>= gedung yang tingginya >75 ft namun <150 ft dengan konstruksi tipe II (111). konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran, tipe ini memiliki elemen struktur yang dapat menahan api dalam beberapa jam.</p> <p>0 = jika gedung 1-2 lantai dengan konstruksi tipe I (442/332),</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>Konstruksi Tipe I merupakan konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, Bangunan dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga tipe ini merupakan konstruksi terbaik untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api.</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>Tipe II (222/111/000), Konstruksi tipe II merupakan tipe konstruksi yang tidak dapat dikategorikan sebagai konstruksi tahan api walaupun konstruksi ini terbuat dari elemen struktur yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakarnya terbatas yang disetujui. Hal ini dikarenakan bahan bangunan yang umumnya tergolong dalam konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran.</p> <p>Tipe III (211), Bangunan/gedung</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, Pada konstruksi tipe III (211) merupakan konstruksi yang masih dapat menahan api selama satu jam dengan elemen dinding interior, lantai, dan atap terbuat dari bilah dan plester, atau membran pelapis <i>gypsum</i>.</p> <p>Tipe IV (2HH), Konstruksi tipe IV (2HH) adalah tipe yang memiliki elemen struktur dinding luar (eksterior) dan dinding dalam (interior) terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakar tetapi masih dalam batas yang disetujui. Elemen</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>struktur dalam (interior) lainnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap merupakan bahan yang terbuat dari kayu padat atau laminasi tanpa ruang tersembunyi. Selain itu, kerangka dinding bantalan eksterior berupa kolom kayu dengan ukuran minimal delapan inchi dengan ketebalan minimal enam inchi, tebal lantai kayu empat inchi, dan atap sebesar dua inchi. dan</p> <p>Tipe V (111). Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>pelapis <i>gypsum</i> pada dinding eksterior, partisi, lantai, dan atap.</p> <p>= gedung 3 lantai dengan konstruksi tipe III (211), Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, Pada konstruksi tipe III (211) merupakan konstruksi yang masih dapat menahan api selama satu jam dengan elemen dinding interior, lantai, dan atap terbuat dari bilah dan plester, atau membran pelapis <i>gypsum</i>.</p> <p>Tipe IV (2HH), Konstruksi tipe IV (2HH) adalah tipe yang memiliki elemen struktur dinding luar</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			(eksterior) dan dinding dalam (interior) terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakar tetapi masih dalam batas yang disetujui. Elemen struktur dalam (interior) lainnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap merupakan bahan yang terbuat dari kayu padat atau laminasi tanpa ruang tersembunyi. Selain itu, kerangka dinding bantalan eksterior berupa kolom kayu dengan ukuran minimal delapan inchi dengan ketebalan minimal enam inchi, tebal lantai kayu empat inchi, dan atap sebesar dua inchi.dan			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>Tipe V (111). Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau pelapis <i>gypsum</i> pada dinding eksterior, partisi, lantai, dan atap.</p> <p>= gedung >3 lantai dengan konstruksi tipe III (211) Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya, Pada konstruksi tipe III (211) merupakan konstruksi yang masih dapat menahan api selama satu jam dengan elemen dinding interior, lantai, dan atap terbuat dari</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>bilah dan plester, atau membran pelapis <i>gypsum</i>. dan</p> <p>Tipe IV (2HH). Konstruksi tipe IV (2HH) adalah tipe yang memiliki elemen struktur dinding luar (eksterior) dan dinding dalam (interior) terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakar tetapi masih dalam batas yang disetujui. Elemen struktur dalam (interior) lainnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap merupakan bahan yang terbuat dari kayu padat atau laminasi tanpa ruang tersembunyi. Selain itu, kerangka dinding bantalan eksterior</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>berupa kolom kayu dengan ukuran minimal delapan inchi dengan ketebalan minimal enam inchi, tebal lantai kayu empat inchi, dan atap sebesar dua inchi.</p> <p>2 = jika gedung 4-5 lantai atau >5 lantai yang memiliki tinggi ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe II (111/222), Konstruksi tipe II merupakan tipe konstruksi yang tidak dapat dikategorikan sebagai konstruksi tahan api walaupun konstruksi ini terbuat dari elemen struktur yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakarnya terbatas yang disetujui. Hal ini dikarenakan</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>bahan bangunan yang umumnya tergolong dalam konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran.</p> <p>Tipe I (442/332), Konstruksi Tipe I merupakan konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, Bangunan dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>tipe ini merupakan konstruksi terbaik untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api. atau</p> <p>= gedung yang memiliki ketinggian >75 ft tapi <150 ft atau tinggi ≥ 150 ft dengan konstruksi Tipe II (222), Konstruksi tipe II merupakan tipe konstruksi yang tidak dapat dikategorikan sebagai konstruksi tahan api walaupun konstruksi ini terbuat dari elemen struktur yang</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakarnya terbatas yang disetujui. Hal ini dikarenakan bahan bangunan yang umumnya tergolong dalam konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran.</p> <p>Tipe I (442/332) Konstruksi Tipe I merupakan konstruksi dimana elemen strukturnya seperti dinding, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar, Bangunan</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>dengan konstruksi tipe I dapat menahan api selama beberapa jam tanpa kegagalan struktur sehingga tipe ini merupakan konstruksi terbaik untuk keselamatan kebakaran. Beberapa material yang tergolong kedalam konstruksi tipe I adalah beton, dan baja serta biasanya diperkuat dengan pondasi beton pada lantai atau struktur rangka baja pada seluruh bangunan yang tahan terhadap api.</p> <p><i>Not Valid (NV)</i></p> <p>= jika gedung >5 lantai dan tinggi ≤ 75 ft dengan konstruksi Tipe II (000), konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran konstruksi tipe II (000) semua material strukturnya tidak tahan terhadap api.</p> <p>Tipe III (200), Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya Pada konstruksi tipe III (200) merupakan konstruksi yang tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai, ataupun atap. dan</p> <p>Tipe V (000), konstruksi tipe V (000) Konstruksi tipe V adalah tipe</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>dengan dinding luar (eksterior) diantaranya dinding penahan beban, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari kayu sehingga konstruksi ini mudah terbakar. Konstruksi tipe ini merupakan tipe konstruksi dengan kerangka kayu atau bahan mudah terbakar lainnya sehingga memiliki tingkat proteksi kebakaran rendah. merupakan konstruksi yang tidak memiliki ketahanan terhadap api.</p> <p><i>Not Valid (NV)</i></p> <p>= jika gedung perkantoran yang memiliki tinggi >75 ft tapi <150 ft dengan konstruksi tipe II (000)</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran konstruksi tipe II (000) semua material strukturnya tidak tahan terhadap api., Tipe III (200), Bangunan/gedung dengan konstruksi tipe ini biasanya memiliki dinding bantalan eksterior dari batu bata atau jenis batu lainnya Pada konstruksi tipe III (200) merupakan konstruksi yang tidak memiliki kemampuan untuk menahan api baik material pada elemen dinding interior, lantai,</p>			


No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>ataupun atap. Dan Tipe V (111/000), Konstruksi tipe V adalah tipe dengan dinding luar (eksterior) diantaranya dinding penahan beban, kolom, bentangan, balok penopang, tiang penopang, lengkungan, lantai, dan atap terbuat dari kayu sehingga konstruksi ini mudah terbakar. Konstruksi tipe ini merupakan tipe konstruksi dengan kerangka kayu atau bahan mudah terbakar lainnya sehingga memiliki tingkat proteksi kebakaran rendah. Konstruksi tipe V ini dibagi menjadi 2 subklasifikasi sesuai dengan tipe ketahanan api yaitu tipe 111 dan tipe 000. Pada konstruksi tipe V (111) merupakan konstruksi yang</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			<p>setidaknya memiliki satu jam ketahanan terhadap api karena terdapat plester dinding khusus atau pelapis gypsum pada dinding eksterior, partisi, lantai, dan atap. Pada konstruksi tipe V (000) merupakan konstruksi yang tidak memiliki ketahanan terhadap api.</p> <p>atau tinggi ≥ 150 ft Tipe II (111). Konstruksi tipe II merupakan tipe konstruksi yang tidak dapat dikategorikan sebagai konstruksi tahan api walaupun konstruksi ini terbuat dari elemen struktur yang tidak mudah terbakar atau bahan yang mudah terbakarnya terbatas yang disetujui. Hal ini dikarenakan bahan bangunan yang umumnya</p>			

No	Parameter	Definisi	Acuan NFPA 101A	Kondisi aktual	nilai	Keterangan
			tergolong dalam konstruksi ini meliputi bingkai logam dan logam berlapis, baja, alumunium, kaca, dan serat mineral sehingga bangunan dapat runtuh karenan kegagalan struktur baja yang menopang saat terjadinya kebakaran.			

Lampiran 5

Surat pengantar penelitian



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon/Faximile : Rektor : (021) 4893854, PR I : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982
BAUK : 4750930, BAAK : 4759081, BAPSI : 4752180
Bagian UHTP : Telepon. 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian HUMAS : 4898486
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 3053/UN39.12/KM/2016
Lamp. : -
Hal : 1

Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
untuk Penulisan Skripsi

1 Agustus 2016

Yth. HRD Rumah Sakit Muhammadiyah Palembang


Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Adiansyah
Nomor Registrasi : 5315117208
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 087796309125

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :
"Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Dengan Metode CFSES (Computerized Fire Safety Evaluasi System) Pada Rumah Sakit X.Y.Z"

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Administrasi
Akademik dan Kemahasiswaan


Drs. Syaifullah
NIP. 195702161984031001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
2. Kaprog Pendidikan Teknik Mesin

Daftar riwayat hidup



Adiansyah lahirkan pada tanggal 30 Oktober 1993 di desa keman, kec, pampangan kab, ogan komering ilir sumtera selatan. Putra pertama dari pasangan Bapak Rudi dan Ibu Suryani. Anak pertama dari dua bersaudara, Merupakan kakak dari Amilia.

.Alamat rumah sekarang jln skip rt12/14 no10 pisang baru matraman jakrta timur(0877-9630-9125) .

Menempuh Pendidikan dasar di SD desa keman kec, pampangan(sum-sel) lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Pampangan (sum-sel), lulus pada tahun 2008 . Penulis melanjutkan pendidikan di SMA N 1 Pampangan (sum-sel) lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 melalui jalur MANDIRI UNJ, penulis masuk dan diterima di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2017.